UNIVERSITE DE MONTPELLIER N° 233

FACULTÉ DE PHARMACIE

RADIOACTIVITÉ DES VINS DE FRANCE

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Pharmacie de Montpellier

Le 25 Juin 1934

PAR

Aimé MÉDAILLE

Pharmacien

POUR OBTENIR le DIPLOME de DOCTEUR de L'UNIVERSITÉ (Mention Pharmacie)

JURY { MM. CANALS, professeur, président. / FONZES DIACON, professeur. / JAULMES, chargé d'agrégation } *Assesseurs.*

MONTPELLIER
IMPRIMERIE MARI-LAVIT
1, RUE DE SAUVAGES, 1

1934

RADIOACTIVITE DES VINS DE FRANCE

UNIVERSITE DE MONTPELLIER N° 233

FACULTÉ DE PHARMACIE

RADIOACTIVITÉ DES VINS DE FRANCE

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Pharmacie de Montpellier

Juin 1934

PAR

Aimé MÉDAILLE

Pharmacien

POUR OBTENIR le DIPLOME de DOCTEUR de L'UNIVERSITÉ (Mention Pharmacie)

JURY { MM. CANALS, professeur, président. / FONZES DIACON, professeur. / JAULMES, chargé d'agrégation } *Assesseurs.*

MONTPELLIER
IMPRIMERIE MARI-LAVIT
1, RUE DE SAUVAGES, 1

1934

Faculté de Pharmacie de Montpellier

ADMINISTRATION

MM.

FONZES-DIACON (✻, I. P. ✿, O. ⚚). *Doyen.*
P.-J. TARBOURIECH (✻, I. P. ✿) ..... *Assesseur.*
LEBLAYE (A. ✿) ..... *Secrétaire.*

PROFESSEURS

MM.

FONZES-DIACON (✻, I. P. ✿, O. ⚚)..	*Chimie minérale.*
A. ASTRUC (O. ✻, I. P. ✿)	*Pharmacie galénique et industrielle.*
P. HOLLANDE (I. P. ✿)	*Zoologie et microbiologie.*
P.-J. TARBOURIECH (✻, I. P. ✿)	*Chimie organique.*
A. JUILLET (I. P. ✿)	*Botanique et matière médicale.*
A. FAUCON (O. ✻, I. P. ✿, ⚚, C. ✠, G. O. ✠).....	*Pharmacie chimique.*
E. CANALS (I. P. ✿)	*Physique.*
M. MOUSSERON	*Chimie analytique et toxicologie.*

DOYEN HONORAIRE

M. G. MASSOL (✻, I. P. ✿, ⚚)

PROFESSEUR HONORAIRE

M.

F. JADIN (O. ✻, I. P. ✿), Doyen hon. de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg

CHARGÉS DE COURS

MM.

FONZES-DIACON (✻, I. P. ✿, O. ⚚)..	*Toxicologie.*
A. ASTRUC (O. ✻, I. P. ✿)	*Hydrologie.*
P. HOLLANDE (I. P. ✿)	*Zoologie.*
F.-J. TARBOURIECH (✻, I. P. ✿)	*Chimie biologique.*
A. JUILLET (I. P. ✿)	*Botanique.*
A. FAUCON (O. ✻, I. P. ✿, ⚚, C. ✠, G. O. ✠).....	*Fonctions en chimie organique.*
MOYE, Doyen honoraire Faculté de Droit (✻, I. P. ✿)	*Législation pharmaceutique.*

AGRÉGÉ

M. P. JAULMES, chargé d'Agrégation

CHEF DES TRAVAUX PRATIQUES

MM.

L. FARRÉ (I. P. ✿).....	*Chimie et Pharmacie.*
DAUBIAN DELISLE (✻, I. P. ✿)	*Physique.*
SUSPLUGAS	*Histoire naturelle.*

NOTA. — *La Faculté de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.*

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

A MES PARENTS

A. M.

AVANT-PROPOS

Je ne saurais commencer l'exposé de cette étude sans rendre hommage à mes Maîtres, et plus particulièrement à MM. les Professeurs Canals et Fonzes-Diacon, auxquels je dois un large tribut de reconnaissance.

Dès mon arrivée à Montpellier, tandis que, sans assurance, je dirigeais mes premiers pas dans cette maison, je fus heureusement mis en présence de M. le Professeur Canals, que je priai de m'admettre dans son laboratoire.

M. le Professeur Canals ne se borna pas à m'accueillir dans son laboratoire ; il me conseilla ; il me dirigea ; il supporta tout ce que pouvait avoir de gênante pour ses travaux mon inutile présence, surtout durant les premiers mois, et s'intéressa à mes efforts pour me confier, en 1930, l'étude de la Radioactivité des Vins, qui me vaut aujourd'hui l'honneur de me présenter devant un aussi brillant aréopage.

Plus tard, M. le Doyen Fonzes-Diacon, qui avait bien voulu, depuis mes débuts dans l'Université, m'honorer de sa sollicitude et s'intéresser à mon tra-

vail, me choisit comme préparateur de Chimie Minérale et de Toxicologie et me permit de profiter de précieuses leçons imprégnées de sa science et de son savoir.

C'est dans son laboratoire que j'ai eu l'appréciable fortune de travailler, aux côtés de M. Jaulmes, Chargé d'Agrégation, qui m'a initié aux analyses de vins et m'a pénétré de ses méthodes par l'exemple quotidien de son travail incessant.

Je viens de dire comment depuis le début de mes études universitaires j'ai eu l'heureuse chance de trouver sur ma route les maîtres réputés auxquels je dois à la fois ma formation scientifique, et les résultats que je vais avoir l'honneur d'exposer.

Cependant, ma gratitude et mes remerciements ne vont pas seulement aux Maîtres avec lesquels j'ai eu le privilège d'être en contact journalier, mais aussi à tous ceux qui, dans cette Université, m'ont laissé profiter de leur précieux enseignement.

INTRODUCTION

Depuis que Noé, sauvé des flots du déluge, retrouva sa sérénité en savourant copieusement le jus de la vigne, des poètes, des médecins et des chimistes ont trouvé dans la fantaisie de leur imagination, dans leur étude ou dans leur science, des motifs divers pour vanter les bienfaits de cette substantielle boisson.

Cependant, ni Villon, ni Rabelais, ni Pasteur, ne présumaient qu'en dehors de son bouquet, de sa couleur, de sa saveur et de sa chaleur communicative, le vin exhalait des effluves de vie, indices manifestes d'une transformation incessante.

C'est à l'observation de ces effluves que nous nous sommes attachés, espérant que l'étude de la radioactivité des vins de France apporterait une utile collaboration aux recherches physico-chimiques effectuées sur le vin.

PREMIERE PARTIE

GENERALITES SUR LA RADIOACTIVITE

CHAPITRE PREMIER

VALEUR DE LA RADIOACTIVITE

I. — DECOUVERTE DE LA RADIOACTIVITE

De tout temps, l'homme a tenté de résoudre le problème de la constitution de la matière.

Les philosophes Grecs la définirent diversement : ANAXAGORE pensait que la matière était continue, alors que DÉMOCRITE soutenait, avec raison, qu'elle était de nature discontinue.

Plus tard, on essaya de vérifier si elle était immuable ou transformable. Les alchimistes convaincus de sa transformation, prétendirent transmuter les métaux en or.

Les savants, après de multiples travaux infructueux, conclurent que les atomes étaient irréductibles.

Les recherches effectuées par Henri Becquerel sur l'uranium vinrent détruire ces vieilles conceptions.

Henri Becquerel constata, en 1896, que l'atome d'uranium émettait *spontanément* de l'énergie, sous forme d'un rayonnement, à moins d'admettre que l'uranium arrêtait, absorbait et transformait une radiation inconnue (1).

Cette constatation inclina à penser que, si l'atome d'uranium perd constamment de son énergie, il doit nécessairement se transformer.

Henri Becquerel avait, ainsi découvert la *radioactivité*, science fondamentale, indépendante de la physique et de la chimie, puisqu'elle permettait, à l'encontre de celles-ci, d'admettre, tout au moins pour certains corps, la théorie de l'évolution de la matière.

Des recherches ultérieures permirent de confirmer ces premières observations et de définir les atomes radioactifs comme capables :

1° d'émettre un rayonnement susceptible d'impressionner, sans excitation extérieure connue, une plaque photographique ;

2° d'ioniser les gaz ;

3° d'exciter la phosphorescence et la fluorescence des corps voisins ;

4° de dégager une quantité de chaleur variable.

A la suite de la merveilleuse étude de l'uranium par H. Becquerel, Mme et M. P. Curie découvrirent le *radium*, plusieurs millions de fois plus radioactif que l'uranium.

---

(1) On verra plus loin, que cette conception est modifiée actuellement par la théorie moderne de Jean Perrin.

On connaît actuellement trente corps radio-actifs, qui sont les plus lourds du tableau de D. I. MENDELEEF (2).

L'étude de la radioactivité a particulièrement porté sur l'uranium, le radium, le thorium, le polonium et l'actinium.

L'uranium est extrait de la carnotite d'Amérique; le radium est obtenu avec l'autunite du Portugal et la pechblende de Saint-Joachimsthal, en Bohème, et du Congo Belge ; le thorium provient de la monazite.

La radioactivité de ces différents corps est une propriété atomique et ne dépend pas de la nature du sel employé.

II. — RAYONNEMENT DES CORPS RADIOACTIFS

Les premiers travaux effectués sur les rayons BECQUEREL sont dus à RUTHERFORD.

Ils permirent de diviser le rayonnement radioactif en rayons alpha (α), bêta (β), gamma (γ)).

L'expérience classique permettant de les mettre en évidence, consiste à placer une parcelle de radium dans une capsule de plomb A, située au-dessous des pôles d'un électro-aimant N. S. Un écran de platinocyanure de baryum est ensuite disposé au-dessus des pôles, dans une position diamétralement opposée à la capsule (fig. 1).

---

(2) Les derniers corps radioactifs découverts sont *l'alabame*, recherché avec une méthode magnéto-optique par ALLISON et MURPKY, et *l'illinium*, signalé par Maurice CURIE et TAKVORAN le 27 mars 1933. Ces deux corps occupent les cases 85 et 61 du tableau de MENDELEEF.

Dans ces conditions, les rayons émis par le radium passent entre les deux pôles et frappent l'écran qui s'illumine.

En admettant que l'œil de l'observateur soit placé au centre du pôle Nord, regardant dans la direc-

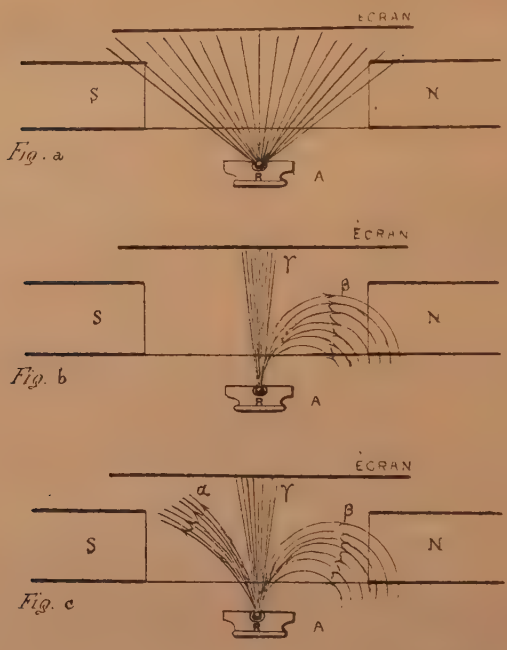


Fig. 1. — Rayonnement des corps radioactifs

tion du pôle Sud, lors de l'excitation de l'aimant, les rayons α sont déviés perpendiculairement à cette direction, dans le sens des aiguilles d'une montre, alors que les rayons β sont déviés dans le sens inverse. Mais, pour ces derniers, l'angle de déviation est mille fois plus grand que celui des rayons α. Les rayons γ ne sont pas déviés.

Si la distance de la parcelle de radium à l'écran est judicieusement calculée, seuls les rayons γ illu-

minent cet écran, les rayons curvilignes α et β ne le frappant pas.

En couvrant la capsule A avec une feuille de mica, les rayons α sont absorbés. Les rayons déviés β et les rayons rectilignes γ traversent la feuille de mica et se dirigent dans les mêmes orientations que précédemment.

Avec un spinthariscope (1), REGENER a calculé, grâce à un dispositif approprié, qu'un milligramme de bromure de radium émet par seconde 136 millions de particule α. Chaque particule α porte deux charges d'électricité positive, associées à un atome quatre fois plus lourd que l'hydrogène, l'hélium ; c'est donc un noyau matériel.

Les rayons α constituent la partie très absorbable du rayonnement. Ils ne traversent pas une feuille de papier et sont arrêtés par une couche d'air de 8,6 centimètres.

Leur vitesse est de 14.000 à 25.000 km. par seconde. Elle dépend de l'élément radio-actif qui produit les rayons. En effet, les rayons α du radium sont différents de ceux du thorium, qui diffèrent aussi de ceux de l'uranium.

La charge électrique des rayons α est de $3{,}07 \times 10^{-19}$ coulombs (2), soit deux fois la charge élémentaire ($1{,}59 \times 10^{-19}$ coulombs ou $1{,}591 \times 10^{-20}$ U. E. M.).

---

(1) Le spinthariscope de W. CROOKES est constitué par un écran au sulfure de zinc, qui s'illumine lorsqu'il est placé dans le champ des rayons produits par un grain minuscule de sel radioactif. Cet écran offre au microscope le spectacle d'un ciel étoilé perpétuellement variable. CROOKES pensa que chaque étoile fugitive marquait le point d'arrivée d'un projectile α.

(2) Ou $3{,}07 \times 10^{-20}$ U. e. m. C. G. S.

Le quotient de la charge de la particule par sa masse $e/m = 5 \times 10^3$.

Enfin, les rayons α entrent pour la majeure partie dans le dégagement de chaleur dû au bombardement de la substance par ses propres particules α, dont l'énergie représente plus des $9/10^e$ de l'énergie du rayonnement total.

Les rayons β sont analogues aux rayons catodiques de Sir William Crookes. Ils sont constitués par des éléments dont la masse est 1.800 fois moindre que celle du plus léger des atomes : l'hydrogène.

Ils sont cent fois plus pénétrants que les rayons α et traversent quelques millimètres d'une feuille d'aluminium.

Ces rayons, constitués de particules électriques négatives, ont une vitesse de 100.000 km. à la seconde.

Leur charge électrique, égale à $1{,}59 \times 10^{-19}$, constitue la charge élémentaire.

Les rayons γ résultent d'une radiation secondaire des rayons β, analogues ainsi aux rayons X, qui sont engendrés à partir des rayons cathodiques.

Les rayons γ ne sont pas de nature corpusculaire comme les rayons α et β, mais de nature lumineuse : ce sont des ondes « électromagnétiques », dont les longueurs sont extraordinairement petites.

Ils sont extrêmement pénétrants, traversant une épaisseur de 22 cm. de plomb. Le passage à travers le corps humain les affaiblit très peu (1).

---

(1) Pour cette raison, ils sont utilisés pour les radiographies profondes.

III. — DESINTEGRATION ATOMIQUE

La désintégration atomique des corps radioactifs est essentiellement en cascade, puisque le corps initial, l'Uranium, a un poids atomique de 238, le produit intermédiaire, le Radium, de 226, et le résidu final le Plomb, de 210. (Fig. 2).

Il est nécessaire de noter ici, pour faciliter la compréhension du tableau de désintégration des éléments radioactifs, que les rayons α ou particules α sont constitués par des hélions ou noyaux d'hélium. Ces derniers, d'après la théorie électronique, renferment quatre protons et deux électrons nucléaires. Il s'ensuit donc que toute transformation par rayons α abaisse le poids atomique de quatre unités.

Alors que les rayons α sont formés d'atomes matériels, il n'en est pas de même des rayons β et γ, et toute transformation par rayons β et γ n'abaisse pas le poids atomique des éléments radioactifs.

L'Uranium, ascendant initial du radium, engendre en très petite quantité de l'uranium X_1, en même temps que des particules α.

Au cours du temps, la transformation de cet uranium X_1 en radium, s'effectue en passant par cinq éléments : Uranium X_1, Uranium X_2, Uranium II (1), Ionium, Radium.

On a établi que l'Uranium extrêmement purifié donne, en deux ans, deux cent millionièmes de milligramme de Radium.

En poursuivant le processus de désintégration, on constate que, de même que l'uranium I donne nais-

(1) L'uranium II donne 92 % d'ionium et 8 % d'Uranium Y, qui est le produit ascendant de l'Actinium.

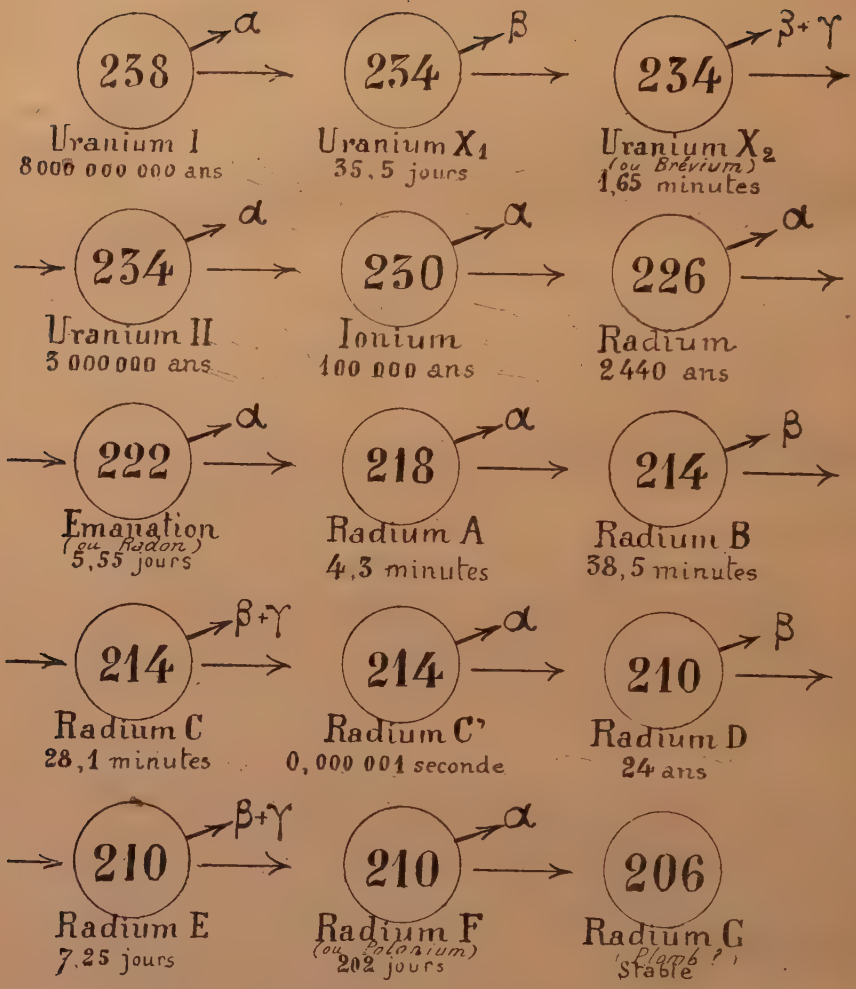


FIG. 2. — Désintégration complète de l'Uranium et du Radium

sance à l'uranium X_1, de même le radium produit du Niton, gaz radioactif très dense.

Ce Niton, ou Emanation, de poids atomique 222, est accompagné dans sa formation d'une production de rayons α.

Radium	»»——»	Emanation	+	Hélium
226		222		4

Ce Niton, obtenu en vase clos, induit toujours un corps radioactif qui se dépose : c'est le radium A.

Ce dernier donne du Radium B, avec dégagement d'Hélium. Le Radium B. produit du Radium C avec émission de rayons β. Mais, à partir du Radium C, deux corps prennent naissance : un Radium C', accompagné des rayonnements β et γ, et un Radium C" en infime quantité (1/3.000e), de poids atomique 210, qui donnera un Radium D" (plomb stable).

Le Radium C', très instable, produira, à son tour, des rayons α et donnera le Radium D, qui, successivement, se désintègrera en Radium E, avec un rayonnement β, puis en Radium F, avec un rayonnement jumelé β + γ.

Enfin, le radium F ou polonium, émet des particules α, en même temps qu'il donne naissance au dernier corps de la famille, le radium G inactif ou *plomb*.

En constatant ainsi que le Radium est un des produits de transformation de l'Uranium, on conçoit fort bien que le radium, qui ne vit que 1670 ans, et qui, par conséquent, aurait dû disparaître du globe, existe à notre époque. D'ailleurs Frédérik Soddy a expérimentalement prouvé que, si l'on place dans une ampoule du nitrate d'urane, sans radium, une faible quantité de radium apparaît en quelques an-

nées. Ceci explique pourquoi, dans les minerais naturels, on ne trouve jamais de radium sans uranium et réciproquement.

Si l'on désire situer ces différents corps dans la classification périodique de MENDELEEF, il est simple de placer le radium, le niton et le polonium, mais il est impossible de loger isolément les autres corps simples radioactifs dans les cases vacantes destinées, lors de la classification, à des corps qui restaient à découvrir.

Pour obvier à cette difficulté, il faut en loger plusieurs dans une même case, comme s'ils étaient identiques.

Mais, comme certains de ces nouveaux éléments de poids atomiques différents et de constantes radioactives différentes, ont exactement les mêmes propriétés chimiques, il est possible de les considérer comme très voisins et ainsi de les désigner par un même numéro atomique.

Ces éléments chimiquement identiques constituent les isotopes (1) (SODDY). Un groupe d'isotopes forme une pléiade (FAJANS).

Les deux lois suivantes précisent ces dénominations :

1) Toute transformation par rayons α abaisse le poids de quatre unités et abaisse de deux unités le rang dans la classification périodique (SODDY).

2) Toute transformation par rayons β conserve le poids atomique et élève le rang d'une unité (RUSSEL, SODDY et FAJANS).

En appliquant ces lois, les corps d'une pléiade se placent dans la même case du tableau des éléments

---

(1) Isotopes : du grec *isos*, semblable, et *topos*, place.

(J. Becquerel). Dès lors, le numéro atomique désigne mieux un corps que le poids atomique qui reste entier pour les éléments simples, fractionnaire pour les éléments à isotopes.

L'existence d'éléments jumeaux réhabilite la vieille hypothèse de Proust : Les poids atomiques étant des nombres entiers, tous les éléments peuvent être considérés comme les produits de la condensation d'atomes, tous identiques, d'hydrogène (1). Ainsi, on peut concevoir la formation des atomes d'après le processus suivant :

1°) D'abord, constitution des noyaux d'hélium, par condensation de quatre noyaux d'hydrogène avec perte de masse.

2°) Ensuite agglomération soit de n noyaux d'hélium entre eux (n fois 4), pour former des atomes dont la masse est représentée par un multiple de 4, soit de n noyaux d'hélium (n fois 4), avec d'autres protons ou noyaux d'hydrogène.

Comme l'indique judicieusement M. E. Cattelain, la Physique Moderne confirme intégralement le choix des philosophes grecs de l'Ecole pythagoricienne, qui considéraient le Nombre comme premier Elément, c'est-à-dire comme constituant essentiel de toutes les substances matérielles.

---

(1) La contradiction qui existe pour un corps sans isotope, désigné par un nombre entier, et qui, d'après cette théorie, est un multiple de l'hydrogène, dont le poids atomique est 1.0078, est apparente. En effet, lors de la condensation pour former un noyau d'hélium, il y a perte de masse et, au lieu d'avoir $1.0078 \times 4 = 4{,}0312$ on a 4 exactement, ce qui représente une perte de 0,8 %, correspondant à un dégagement de 6 milliards de grandes calories par atome-gramme d'hélium.

CHAPITRE II

TRANSFORMATION DES CORPS RADIOACTIFS

L'évolution radioactive est régie par la loi des transformations.

On admet que la transformation d'un corps radioactif ne porte pas sur tous les atomes à la fois : autrement dit « à chaque instant il y a des atomes qui se transforment, mais les autres restent inaltérés » (J. BECQUEREL).

Le radium donne spontanément naissance à un gaz émanation dont la vie est très courte. L'expérience prouve que l'activité tombe à la moitié de sa valeur initiale en trois jours quatre vingt cinq (1).

L'activité décroît en fonction du temps, suivant une loi exponentielle, selon laquelle si les temps varient en progression arithmétique, l'activité suit une progression géométrique.

---

(1) L'émanation de thorium se détruit plus vite ; son activité tombe à la moitié de sa valeur primitive en 54 secondes. L'émanation d'actinium perd la moitié de son activité en 3,9 secondes.

Soit un corps possédant une radioactivité induite (2), d'intensité initiale Io et d'une intensité It au temps t, t étant le temps écoulé depuis l'origine du prélèvement, T la période de 3 jours 85, pour qu'un corps ayant la radioactivité du radium, perde la moitié de son activité.

$$I_T = \frac{Io}{2}$$

La loi exponentielle se traduit comme suit :

Temps	:	o	T	2T	3T	nT
Activités	:	Io	$\frac{Io}{2}$	$\frac{Io}{2^2}$	$\frac{Io}{2^3}$	$\frac{Io}{2^n}$

Or : $t = n\,T$

t est connu ainsi que T :

$$n = \frac{t}{T}$$

et :

$$I_t = \frac{I_o}{2^n} = \frac{I_o}{2^{\frac{t}{T}}}$$

On a dès lors :

$$I_t = \frac{I_o}{2^{\frac{t}{T}}}$$

D'où :

$$I_o = I_t \cdot 2^{\frac{t}{T}}$$

---

(2) Eau radioactivé, gaz radioactif, etc...

Par suite :

$$\log. Io = \log. It + \frac{t}{T} \log. 2$$

$$\log. Io = \log. It + \frac{t}{3,85} 0,30103$$

$$\log. Io = \log. It + 0,078\ t.$$

It et t étant connus, la détermination de Io est très rapide.

On peut retrouver la même formule de la façon suivante :

Soit une activité initiale Io, que l'on mesure par le courant de saturation produit dans une chambre d'ionisation déterminée.

On peut mesurer l'activité I au temps T, et l'on trouve expérimentalement la loi exponentielle :

$$I_T = Io.\ e^{-\lambda T}$$

λ étant la constante radioactive qui caractérise l'élément considéré.

L'activité est réduite à la moitié de sa valeur primitive au bout du temps T, appelé « Période ».

On a :

$$e^{-\lambda T} = \frac{1}{2}$$

d'où :

$$T = \frac{\text{Log. } 2}{\lambda} \quad (1)$$

$$\text{Log. } 2 = 0,693$$

---

(1) Log. représente des logarithmes népériens.
log. représente des logarithmes ordinaires.

Pour l'émanation du radium, T = 3 j. 85, on a :

$$\lambda = \frac{0{,}693}{3{,}85} = 0{,}180$$

Soit maintenant It l'intensité au temps t :

$$It = Io \cdot e^{-\lambda t}$$

Il vient :

$$\text{Log.} \frac{It}{Io} = -\lambda t$$

et, par transformation des logarithmes népériens en logarithmes vulgaires :

$$\log. \frac{It}{Io} \times \frac{1}{0{,}434} = -\lambda t$$

$$\log. Io - \log. It = 0{,}434\ \lambda t$$

$$\log. Io = \log. It + 0{,}434\ \lambda t$$

$$\log. Io = \log. It + 0{,}078\ t$$

CHAPITRE III

MESURES DE LA RADIOACTIVITE

Depuis longtemps, les physiciens savent que les gaz, et l'air en particulier, ne sont pas des isolants parfaits. Mais les rayons X et les rayons BECQUEREL provoquent l'exagération de leur conductibilité en les ionisant (1).

Ces gaz produisent, dès lors, en nombre égal, des centres mobiles (ions) positifs et négatifs.

Tout corps électrisé, placé dans un gaz ionisé, se décharge parce qu'il attire et recueille les ions dont la charge est contraire à la sienne, tandis qu'il repousse les autres. Ceci explique la décharge des corps électrisés au voisinage d'un corps radioactif (solide, liquide ou gazeux), dont le rayonnement ionise l'air.

Ainsi, un électroscope, soumis au rayonnement d'une substance radioactive, se décharge proportionnellement à l'intensité de son rayonnement.

---

(1) Travaux de MM. J.J-. THOMSON, TOWNSEND, C. T. R. WILSON, H. A. WILSON, ZELENY, RUTHERFORD, LANGEVIN.

Pour permettre l'évaluation de la radioactivité de corps solides, gazeux ou liquides, on emploie des appareils spéciaux, propres à chaque état. L'électroscope de C. Cheneveau et A. Laborde est, à l'heure actuelle, l'un des appareils les plus utilisés. Il offre l'avantage d'être mixte, c'et-à-dire de permettre indifféremment de réaliser la mesure de la radioactivité des corps solides ou des corps gazeux.

A. — APPAREIL

L'*électroscope* est constitué par une cage métallique ayant la forme d'une section de tube limitée par deux glaces de verre à faces parallèles (fig. 3). Ces glaces de verre sont recouvertes intérieurement d'une toile métallique dans laquelle est mastiqué l'ambroïde destiné à isoler, électriquement, la feuille d'aluminium. L'ambroïde porte, dans ce but, une tige métallique qui le traverse de part en part. Cette tige se termine, à la partie supérieure, dans la cage de l'électroscope, par une pièce cylindrique sur laquelle se fixe le support (S) de la feuille d'aluminium (F) et à la partie inférieure par un filetage sur lequel se vissent les différentes tiges de déperdition appropriées aux divers appareils de mesure.

L'ambroïde est protégé contre le contact des doigts par un manchon métallique, qui se visse sur sa monture métallique.

La feuille d'aluminium peut être calée, pour le transport, par une pièce métallique (P), convenablement disposée à l'intérieur de la cage, et manœuvrée

de l'extérieur par une tige coulissant dans la paroi de l'appareil.

La cage de l'électroscope est parfaitement étanche ; elle peut être desséchée à l'aide d'un tube laté-

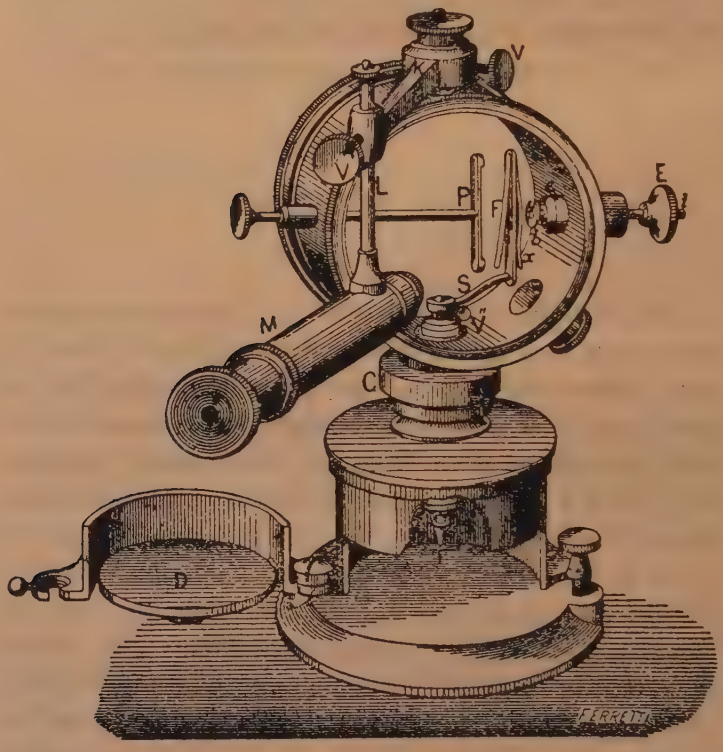


Fig. 1.

Fig. 3. — Appareil de déperdition à plateau

ral démontable (D) (Fig. 4), et la feuille d'aluminium ne communique métalliquement, avec l'extérieur, que par la tige isolée dans l'axe de l'ambroïde. Pour charger électriquement la feuille d'aluminium, une tige métallique (t) latérale, traverse la paroi de la cage dont elle est isolée par de l'ébonite.

Cette tige métallique (t) peut tourner dans l'ébonite autour de son axe et coulisser. Elle porte, à l'intérieur de la cage, une petite plaque métallique (b) excentrée, que l'on peut amener en contact, soit pour la charge, avec le support de la feuille d'aluminium (1), soit après la charge, avec la cage de l'électroscope, en calant l'excentrique (b) à l'aide d'un ergot (e).

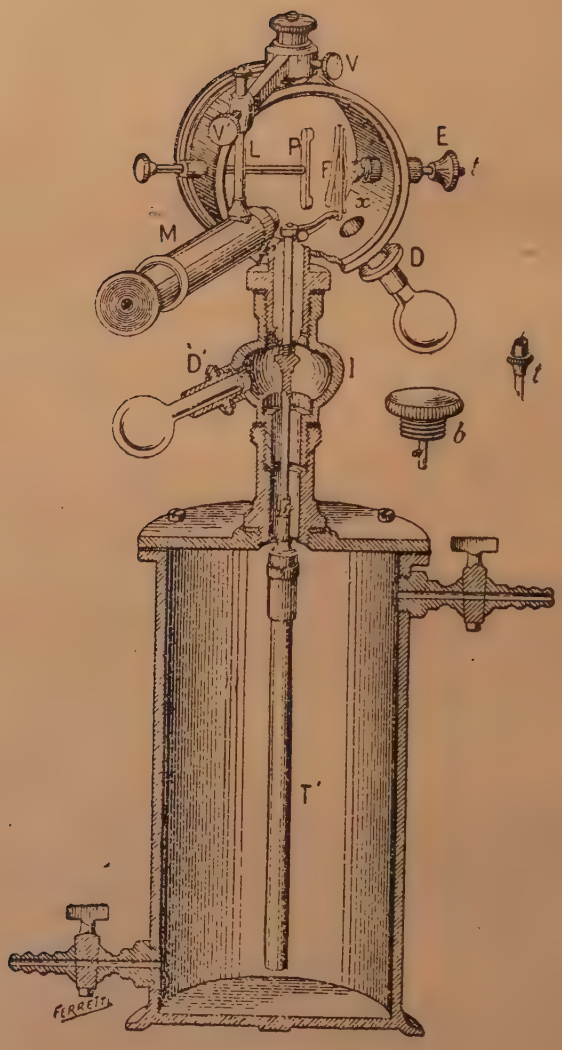
Les mouvements de la feuille d'aluminium sont observés comme dans les anciens électroscopes Curie, au moyen d'un microscope (M), muni d'un micromètre oculaire.

Le support K du microscope est fixé sur la cage de l'électroscope, à la partie supérieure, au moyen d'une bague commandée par une vis de serrage (V); à l'extrémité du support (K), est adaptée la tige qui porte le tube de coulisse du microscope ; cette tige peut glisser et tourner dans son logement et s'y trouve fixée par un bouton à vis (V'). Un tel dispositif permet de donner au microscope placé dans sa coulisse une position quelconque, par rapport à la cage de l'électroscope.

La pièce porte-ambroïde est pourvue d'une bague de serrage filetée, qui permet de visser l'électroscope sur un appareil de déperdition approprié.

L'appareil de déperdition à plateau (fig. 3), est constitué par une cage métallique dont le couvercle peut recevoir l'électroscope muni d'une courte tige de déperdition T. Des disques métalliques, destinés à supporter la matière radioactive étudiée, peuvent être aisément introduits dans la cage, au moyen

(1) En général, la plaque métallique ne touche pas directement le support de la feuille d'aluminium, mais un petit ressort x, fixé sur le support.



Fig

Fig. 4. — Appareil de déperdition à cylindre

d'une porte pratiquée dans sa paroi et dont la seule manœuvre permet de placer le disque dans l'appareil ou hors de l'appareil.

Les cylindres de déperdition (fig. 4), sont des tubes de cuivre fermés aux deux bouts et munis de robinets en cuivre. Les couvercles de ces cylindres portent des cols filetés, sur lesquels peut se visser l'électroscope, muni d'une tige de déperdition appropriée à l'appareil.

On recueille dans ces cylindres le gaz dont on veut mesurer la radioactivité. Ce gaz peut être un gaz naturel ou une émanation contenue dans un liquide (1 et 2).

B. — MONTAGE DE L'APPAREIL

L'électroscope monté est muni de sa *feuille d'aluminium*. Si on doit changer cette feuille, il faut dévisser la glace *postérieure* de la cage de l'électroscope, afin d'avoir libre accès dans l'intérieur de l'appareil, et desserrer le boulon (V") pour enlever aisément la pièce mobile (S), à laquelle est fixée la feuille d'aluminium (3).

Pour tailler une feuille d'aluminium à la dimension voulue, certains constructeurs conseillent de placer sur une carte de visite la feuille d'aluminium, débarrassée des deux feuilles de papier qui lui servent de soutien, et à l'aide d'une lame de rasoir, découper une bande de la largeur désirée. D'autres fabricants vendent de petits coussins avec un pliant en

---

(1) On verra, au chapitre IV, comment nous avons construit un appareil permettant l'obtention de l'émanation.

(2) L'appareil de déperdition doit tenir convenablement le vide. Aussi, tous les joints nécessités par les différents montages sont-ils en cuir trempé dans du suif fondu.

(3) On trouve dans le commerce des cahiers de feuilles minces d'aluminium battu.

parchemin, qui protège les mains de l'opérateur des courants d'air. Avec une stapule sans tranchant, on presse sur la feuille, qui est, paraît-il, facilement tranchée.

Ces différentes techniques donnent des résultats peu satisfaisants ; le procédé suivant permet d'obtenir, sans difficulté, en un minimum de temps, les feuilles que l'on désire. Il consiste à découper avec des ciseaux la feuille d'aluminium placée entre deux feuilles de papier glacé. La résistance offerte par le papier empêche la feuille d'être déchirée.

La bande d'aluminium très légère, ainsi obtenue, est collée, non sans difficultés, par une extrémité sur son support, au moyen d'une gouttelette d'eau ou de gomme arabique en solution très légère.

Le support de la feuille d'aluminium est alors introduit dans la cage de l'électroscope et fixé au moyen du bouton (V") dans une position convenable (1).

Ceci effectué, pour monter l'ensemble du système constitué par *l'électroscope* et par *le microscope sur l'appareil de déperdition à plateau,* il faut, au préalable, visser la petite tige de déperdition t (fig. 4), à la partie supérieure filetée de la tige émergeant de l'ambroïde, et assujettir l'électroscope dans une position verticale, sur le couvercle de l'appareil de déperdition. Le champ électrique qui résulte d'un tel dispositif est de forme quelconque et se prête aussi bien qu'un champ électrique cylindrique à des mesures comparatives.

---

(1) On doit nettoyer minutieusement le support de la feuille d'aluminium et la pièce P, qui sert à la caler, avec de l'alcool absolu, sinon il se produit une adhérence entre la feuille d'aluminium et le métal, qui provoque la déchirure de la feuille.

Pour monter l'ensemble du système constitué par l'électroscope et par le microscope sur les cylindres *de déperdition*, il convient, au préalable, de visser la tige de raccord à baïonnette (t) sur la partie inférieure filetée de la tige de raccord émergeant de l'ambroïde ; c'est à cette tige de raccord à baïonnette que s'adapte une électrode (T'). On plonge cette électrode, suspendue ainsi à l'électroscope, dans le cylindre, avant de visser l'appareil (1 et 2).

Ce dernier est enfin complété par deux ampoules desséchantes, l'une reliée par un ajustage latéral (D) à l'électroscope, l'autre par un tube (D') au cylindre de déperdition (fig. 4).

Les essais successifs de dessechants ont permis d'établir que, par ordre de valeur décroissante, on pouvait les classer comme suit : anhydride phosphorique, chlorure de calcium desséché, acide sulfurique à 66 °Baumé, ce dernier étant d'un emploi peu commode.

L'appareil en ordre de marche, doit être parfaitement desséché. Un nettoyage de l'électroscope à l'alcool, puis à l'éther, donne d'excellents résultats. Toutefois, l'éther altère et ternit légèrement l'ambroïde, ce qui perturbe les mesures ; c'est pourquoi l'on doit obtenir, par simple frottement à l'aide d'une peau de chamois, un ambroïde brillant (3).

---

(1) Il existe des cylindres de déperdition munis d'un système de bouchage spécial, permettant d'enlever l'électroscope sans introduire l'air ambiant dans le cylindre.

(2) L'électrode est construite de telle façon qu'elle ne puisse tomber dans le cylindre de déperdition. Si toutefois une fausse manœuvre la décrochait, il est facile de la « repêcher » avec une longue tige à baïonnette.

(3) Les constructeurs conseillent, pour nettoyer l'isolant, de le polir avec une pâte « blanc d'Espagne et eau », de le

Ainsi constitué, l'appareil permet d'effectuer des mesures de corps solides, liquides ou gazeux, après réglage du microscope.

Une déperdition de charge, comme il a été indiqué, est évaluée par la vitesse de chute de la feuille d'aluminum, c'est-à-dire par la vitesse de déplacement de la feuille d'aluminum dans le champ du microscope. Il convient de rappeler que, lorsque la feuille d'aluminium, en tombant, se meut de gauche à droite, elle se déplace de droite à gauche dans le champ du microscope.

La vitesse de déplacement de la feuille d'aluminium dans le champ, se mesure à l'aide d'un compte-secondes ; il suffit de mettre le compte-secondes en marche au moment du passage de la feuille devant une division du micromètre et d'arrêter le compte-secondes quand la feuille passe devant une autre division.

On observe ainsi que la feuille a parcouru un chemin « d », dans un temps « t ». La vitesse de la feuille est mesurée par le quotient : d/t, qui exprime les divisions du micromètre par seconde.

Comme il est nécessaire, pour l'accord précis des mesures comparatives, que la position du microscope soit toujours la même, les constructeurs ont établi un repérage exact de cette position ; dans ce but, la vis V vient serrer dans un logement pratiqué dans la monture et fixe ainsi la position du support K. Le microscope est également maintenu dans sa position verticale L mobile, qui permet de parfaire la mise au point.

---

laver avec des boulettes de soie imbibées d'alcool et d'eau distillée. Ce procédé entraîne de l'humidité dans l'appareil et ne paraît pas devoir être retenu.

Pour fixer l'orientation du microscope, une fine croix de repère est gravée sur la glace antérieure de la cage et cette glace est, elle-même repérée par rapport à la monture métallique.

Par construction, quand le microscope vise cette croix de repère sur le point 100 du micromètre, il est sensiblement normal aux glaces de l'appareil et il peut être immobilisé dans cette orientation par le serrage d'une vis V'.

Le petit code suivant, donné par les constructeurs, permet une mise au point parfaite pour le réglage du microscope :

1° Faire tourner le support (K), jusqu'à ce que la vis de repère (V) se présente vis-à-vis de son logement ; visser cette vis dans son logement ;

2° S'assurer que la tige verticale (L) du support du microscope est bien enfoncée à fond ;

3° Mettre au point le micromètre oculaire, enfoncer le microscope dans sa coulisse, en visant la croix de repère et amener son point de croisement à la hauteur de la division 100 du micromètre oculaire ; serrer alors à fond la vis (V'), de façon que le microscope soit immobilisé dans cette position.

4° Rapprocher le microscope des glaces de l'électroscope, en le faisant coulisser jusqu'à ce que le deuxième trait de repère tracé sur la monture du microscope affleure au bord postérieur de la coulisse. Dans cette position, le microscope est à peu près placé convenablement pour que la feuille d'aluminium soit au point, lorsqu'elle passera dans son champ.

5° Agir sur le bouton d'ébonite (E), de telle façon que la tige métallique qu'il commande vienne en contact avec le ressort de la tige supportant la feuil-

le d'aluminium. Grâce à l'électricité produite par le frottement d'un bâton d'ébonite contre une peau de chat, ou un ambroïde contre une étoffe de laine fine, on charge la feuille F. Dès qu'elle a atteint une position convenable, on éloigne la tige métallique, qui permet la charge, en tirant sur le bouton d'ébonite E.

6° La feuille d'aluminium apparaît dans le champ du microscope. On met au point le bord le plus net de la feuille d'aluminium par une légère rectification du tirage du microscope. On oriente, d'autre part, pour la commodité de la lecture, le micromètre oculaire. Les lectures doivent s'effectuer toujours pour une même déviation de la feuille, car la vitesse de chute de la feuille dépend de sa position de déviation.

7° L'électroscope doit être éclairé par derrière en lumière diffuse, pour éviter les réflexions à la surface de la feuille d'aluminium.

C. — MESURES

La technique des mesures de radioactivité varie quelque peu avec les corps solides, liquides ou gazeux.

1° Corps solides :

On charge la feuille de l'électroscope en l'absence de tout corps radioactif (1). On mesure la chute de

(1) Cette charge s'effectue grâce à l'électricité produite en frottant un bâton d'ébonite contre une peau de chat ou un

la feuille. Cette vitesse de chute est *appelée la fuite spontanée* de l'appareil. Elle doit être, autant que faire se peut, d'une division en cinq minutes, soit 0,0033 division par seconde (2).

Chaque division du micromètre vaut 0,4 volt.

On étalonne l'électroscope en plaçant sur l'appareil à plateau, un disque recouvert d'oxyde noir d'uranium de surface connue (3 et 4). On note la nouvelle vitesse de la chute de la feuille, en opérant de même avec la substance à doser. La valeur de la radioactivité « R » du produit est donnée par la formule :

$$R = \frac{V - f}{V_u - f}.$$

V : vitesse de chute observée en présence du produit étudié ;

Vu : vitesse de chute observée en présence de l'oxyde d'uranium.

f : fuite spontanée.

---

ambroïde contre une étoffe de laine pure. Le potentiel de charge de la feuille d'aluminium déviée dans le champ du microscope, est de 300 volts environ. Le courant d'ionisation est à peu près proportionnel à ce potentiel.

(2) On verra, plus loin, qu'une mesure reste démonstrative même si la vitesse de chute est plus rapide.

(3) En faisant varier le diamètres des disques recouverts par l'oxyde d'uranium, et par le produit à mesurer, depuis 6 cm. jusqu'à 1 cm., il est possible de mesurer des radioactivités variant de 1/200 de l'oxyde d'uranium, jusqu'à 100 fois l'oxyde d'uranium.

(4) Il convient de noter ici que l'oxyde noir d'uranium du laboratoire, renferme si peu de radium qu'il n'en est jamais tenu compte.

2° Liquides et gaz :

L'émanation extraite du liquide ou bien le gaz, est reçu desséché dans le cylindre à déperdition (1).

La mesure de la radioactivité s'effectue, comme précédemment, après avoir laissé le gaz durant trois heures dans le cylindre de déperdition ; ce n'est qu'au bout de ce temps, que le courant d'ionisation est porté au maximum.

Expérimentalement, on a constaté que 0,30 milligrammes-minutes (2) d'émanation introduite dans le cylindre de trois litres, produit une déperdition maximum, en trois heures, égale à celle que produit le disque étalon d'oxyde noir d'uranium dans l'appareil à plateau.

Si « V » est la vitesse de chute de la feuille d'aluminium mesurée avec ce courant étalon, correction faite de la fuite spontanée, si « v » est la vitesse de chute produite par une quantité « x » d'émanation, on aura l'équation :

$$X = 0{,}30 \frac{v}{V} \text{ milligrammes minute}$$

Au Congrès International de Radiologie, on a convenu d'une unité type : le Curie (3). C'est la quantité d'émanation en équilibre avec un gramme de radium élément, enfermé dans un vase clos à 0° et

---

(1) On verra au chapitre suivant comment nous avons construit un appareil permettant l'obtention de l'émanation.

(2) Milligramme-minute : unité d'émanation que peut produire un milligramme de bromure de radium pur en une minute.

(3) L'étalon du Radium conservé à Paris est constitué par un tube contenant 22 milligrammes de chlorure de Radium aussi soigneusement purifié que possible.

sous 760 millimètres de mercure (1). Cette unité est 133,3 fois plus grande que celle produite en une heure par un gramme de radium.

Les sous-multiples du Curie sont : le millicurie : 10^{-3} Curie ; le microcurie : 10^{-6} Curie ; le millimicrocurie MMC. ou millicrocurie : 10^{-9} Curie, 73,36 millimicrocuries valent un milligramme-minute.

Le Mache est égal à 0,4 millimicrocurie ; il suffit donc de diviser par 0,4 la valeur fournie en unité officielle pour obtenir l'équivalence en Mache.

Pour le Thorium X, le mésothorium, la plupart des travaux allemands expriment les quantités en *Unités électrostatiques*. Une unité électrostatique équivaut à 1.000 Maches.

En France, les doses de mésothorium et de Thorium X sont exprimées en microgrammes.

Le microgramme du thorium X est la quantité de ce corps dont le rayonnement γ équivaut à celui de 1 microgramme de bromure de radium cristallisé.

Le microgramme de mésothorium est la quantité de ce corps dont le rayonnement γ équivaut à celui de 0,536 microcuries de bromure de radium.

---

(1) On appelle *quantité d'émanation en équilibre*, la quantité d'émanation dégagée au bout d'*un mois*, par un sel de radium en *vase clos*. Cette quantité ne peut être dépassée ; il y a alors équilibre radioactif, c'est-à-dire que la quantité d'émanation qui se détruit dans l'unité de temps est égale à la quantité d'émanation engendrée.

CHAPITRE IV

COMMENT EXTRAIT-ON L'EMANATION RADIOACTIVE D'UN LIQUIDE

Pour extraire les gaz radioactifs d'un liquide quelconque, les auteurs et les constructeurs ont imaginé des appareils différents.

Actuellement, on utilise le « montage » suivant :

Une bouilloire métallique de trois litres avec réfrigérant métallique ascendant forment corps. Un tuyau d'adduction intérieur « a » partant de la partie inférieure de la bouilloire, se termine par un robinet « b » placé à l'extrémité supérieure, mettant ainsi en communication lors du besoin, la partie inférieure du ballon avec l'air atmosphérique.

Le réfrigérant ascendant est relié par un tube de verre avec un barbotteur contenant de l'acide sulfurique à 66° BAUME. Suite à ce barbotteur, on place une cuve à mercure (avec cloche graduée), permettant de recueillir le gaz. Viennent ensuite deux tu-

bes en U, l'un renfermant de la potasse, l'autre de la ponce sulfurique.

Le gaz privé ainsi de gaz carbonique et d'humidité, est recueilli dans le cylindre de déperdition de trois litres, dans lequel on a fait le vide avec une pompe munie d'un manomètre et se manœuvrant à la main.

La mesure s'effectue de la façon suivante : on remplit complètement la bouilloire de trois litres (1) qu'on chauffe avec un réchaud à gaz. Le réfrigérant condense les produits volatils et laisse se dégager l'émanation dont le point de liquéfaction est — 113°. Le gaz est desséché par l'acide sulfurique recueilli sur la cuve à mercure. Un robinet à trois voies « r » permet la manipulation rationnelle de la cloche.

On reçoit enfin le gaz par aspiration dans le cylindre, après un passage rapide dans les tubes en U (2). Au bout de trois heures, on effectue la mesure à la pression atmosphérique. Pour mesurer la radioactivité des vins, ce montage est parfois insuffisant pour arrêter, d'une façon absolue, tout le gaz carbonique. Aussi, en collaboration avec Monsieur le Professeur Canals, le mode d'extraction a été modifié comme suit :

L'appareil utilisé reste pour les mesures, celui de Curie, modifié par Laborde et Cheneveau, appareil

---

(1) Si le liquide prélevé est une eau thermale, les prélèvements sont effectués par aspiration dans des ballons de verre Pyrex, selon la méthode classique A. Lepape (C. R. Académie des Sciences, t. clxxi, page 731, 1920).

(2) Lorsque l'on a aspiré tout le gaz du générateur, on ouvre le robinet et on aspire de l'air, qui entraîne le gaz radioactif restant.

généralement employé pour la détermination de la radioactivité des eaux minérales (1).

Un ballon en verre Pyrex (a) de trois litres (fig. 51), pour l'extraction du gaz, est utilisé comme générateur. Le réfrigérant ascendant (b), également en verre est relié au ballon par un bouchon en caoutchouc souple (c). Le gaz est recueilli sur une cuve à mercure (e), grâce à une cloche munie d'un tube en forme de T (e'). Le robinet *à directions* différentes, a été remplacé par un système de pince de Morh (f), plus facile à manier et permettant une étanchéité suffisante. Entre le ballon et la cuve à mercure, un écran (g) protège la cloche renfermant le gaz dégagé du rayonnement du bec Mecker (h), qui sert à chauffer le ballon (a) ; grâce à ces mesures, il a été possible de prévenir la dilatation du gaz et d'obtenir des mesures plus précises.

Le gaz passe ensuite dans deux tubes en U (i et j) à robinets renfermant de la potasse à l'alcool en pastilles. Il se dessèche dans un barbotteur à acide sulfurique (k). Entre le tube à potasse (i) et le barbotteur (k), un tube de Lebig (l) empêche le mélange dangereux de l'acide et de la potasse par suite d'aspiration dans le cas où toutes les opérations ne seraient pas rigoureusement effectuées dans leur ordre chronologique.

Un tube en U (m) plongeant dans un Dewar (n) reçoit ensuite le gaz débarrassé de la majorité de gaz carbonique et d'humidité.

Dans le Dewar, un mélange réfrigérant d'acétone et de neige carbonique permet d'obtenir une température de — 50° environ. On peut d'ailleurs abais-

(1) Piery (M.) et Milhaud (M.) : Les eaux minérales radioactives, Doin, édit.

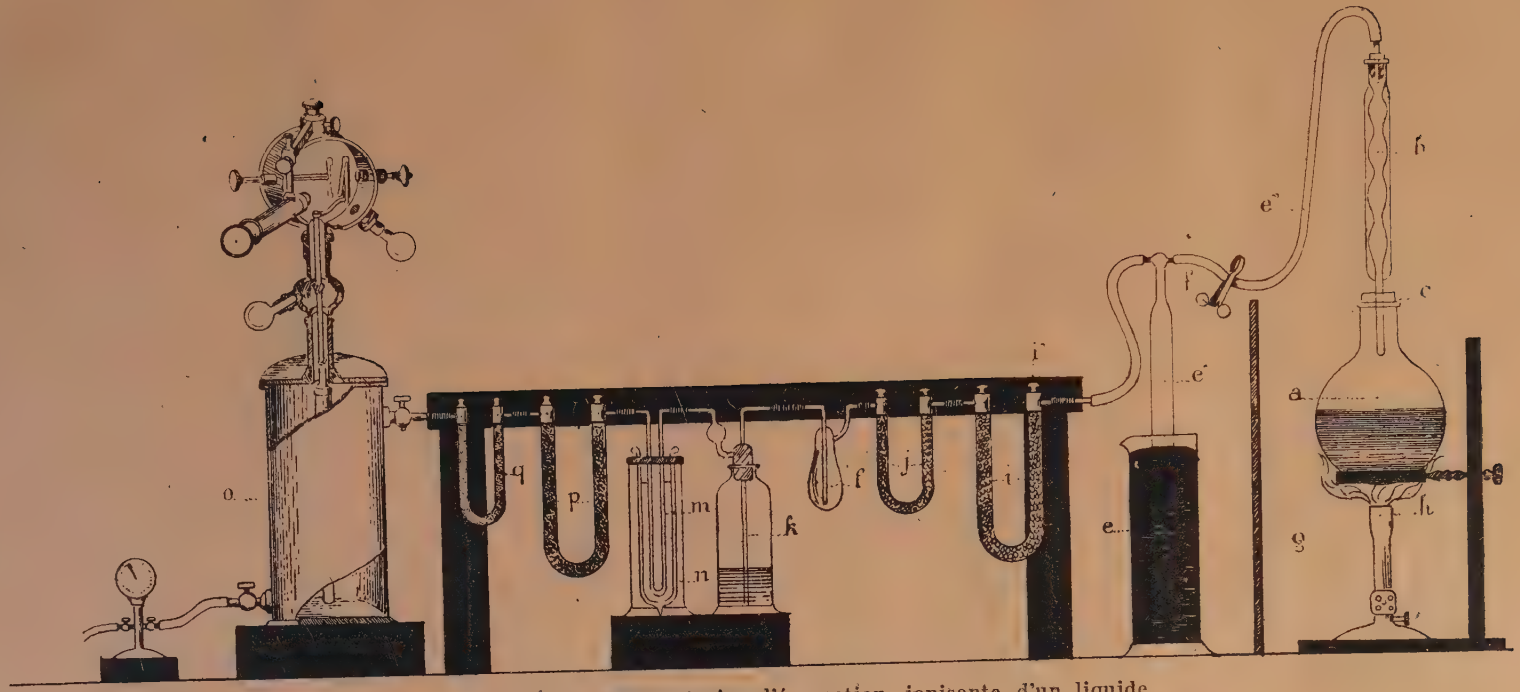


FIG. 5. — Appareil pour extraire l'émanation ionisante d'un liquide

ser cette température, car l'émanation radioactive est un gaz qui ne se condense qu'à — 71°, d'après les déterminations anciennes et à — 113° d'après les recherches de PANETH et RABINOWITSCH (1925).

Le gaz est enfin aspiré dans le cylindre de déperdition (o) de l'électroscope, après avoir traversé deux tubes, l'un de ponce sulfurique grosse (p), l'autre de ponce fine (q).

L'opération doit être conduite de la façon suivante :

1° Faire bouillir sous réfrigérant ascendant, un volume déterminé de vin (ou autre liquide), généralement un litre, saturé de potasse en plaque pour fixer l'acide carbonique.

2° Recueillir le gaz ionisant sur la cuve à mercure. A cet effet, remplir une première cloche, la pince (f) étant au repos et le robinet (i') étant fermé. Ceci fait, pincer le caoutchouc pour empêcher le gaz de se dégager. Aspirer le gaz de la cloche très lentement dans le cylindre de déperdition de l'électroscope (1). La cloche redescend lentement sur la cuve à mercure ; lorsqu'elle est au bout de sa course, fermer le robinet (i'), défaire la pince (f) et recommencer l'opération.

3° S'il ne se dégage plus de gaz et que le vide reste partiel dans le cylindre, défaire le caoutchouc

---

(1) Le vide peut être effectué suivant l'installation avec une pompe aspirante à main (tous modèles) ou avec une trompe électrique. Entre la trompe et le cylindre, il est bon de placer deux barbotteurs contenant, l'un une solution de potasse, l'autre de l'acide sulfurique, pour éviter toute trace d'humidité et de gaz carbonique ; un manomètre permet de vérifier la valeur du vide.

(e"), au point de contact avec le tube (2). Ouvrir le robinet (i_1) et aspirer *lentement l'air atmosphérique*. Des expériences comparatives (3) ont permis de constater qu'il était inutile de faire barbotter de l'air atmosphérique dans le liquide à étudier, comme le conseillent certains constructeurs. En utilisant un ballon de trois litres, dans lequel on verse un litre de liquide à étudier, l'ébullition est suffisamment violente pour chasser tout le gaz radioactif.

La mesure de la chute de la feuille de l'électroscope s'effectue trois heures après, suivant la détermination classique.

Il reste à noter que chaque mesure doit être suivie d'un nettoyage de l'appareil. A cet effet, on fait le vide dans le cylindre de déperdition et on le met en relation avec un barbotteur à acide sulfurique. Par aspiration très lente, on reçoit de l'air sec dans le cylindre. Après deux ou trois « lavages », l'appareil est de nouveau en ordre de marche.

Comme il a été dit plus haut, la vitesse de chute de la feuille de l'électroscope a été mesurée dans tous les cas, trois heures après l'introduction des gaz dans le cylindre de déperdition, le courant d'ionisation étant maximum et sa valeur proportionnelle à la quantité d'émanation introduite dans l'appareil au bout de ce temps.

---

(2) On procède ainsi pour mesurer la radioactivité d'un gaz, on supprime le ballon générateur et on met la cloche en rapport avec le gaz à étudier.

(3) Ces expériences ont été effectuées avec la bouilloire classique vendue par les constructeurs.

DEUXIEME PARTIE

RADIOACTIVITE DES MOUTS ET DES VINS

CHAPITRE PREMIER

ETUDE COMPAREE DE LA RADIOACTIVITE DES MOUTS ET DES VINS

Le 22 octobre 1928, M. Branly soumettait aux Membres de l'Académie des Sciences, une note de MM. Nodon et Cuvier, signalant la présence constante de la radioactivité dans les vins.

Leur études des vins de *Riom* (vins blancs) et de *Moulis-Listrac* (vins rouges) les amenait à conclure que cette radioactivité, pouvant atteindre le dixième de l'oxyde noir d'uranium, variait suivant la nature des crus et les années de récolte. M. Cuvier, en 1929, observait que cette radioactivité était comprise entre le dixième et le centième de l'uranium, atteignant de 0,070 à 0,030 microcuries pour les vins blancs, et de 0,015 à 0,020 pour les vins rouges. Ils concluaient, d'autre part, en disant que, si la radio-

activité est plus forte dans les vins blancs, elle est plus constante et plus stable pour les vins rouges.

Nous avons repris et étendu ces recherches à la plupart des vins commerciaux de *France*, en étudiant tout particulièrement les vins du *Roussillon*, de l'*Hérault*, de l'*Aude* et du *Minervois*, du *Vaucluse* et des *Bouches-du-Rhône*.

Les expériences sur les vins du *Roussillon* ont servi de base à notre étude de la radioactivité des vins qui s'est poursuivie durant les années 1931, 1932, 1933, 1934.

Des recherches comparatives ont porté également sur les moûts, les terrains, les engrais et des comparaisons ont été effectuées entre les différentes mesures de radioactivité et les constantes physico-chimiques des produits examinés.

Les échantillons de vins ont été préparés avec des moûts provenant de raisins d'origines diverses.

Quatre vignes plantées sur des terrains de constitution différente ont été choisies, à cet effet, dans des régions bien déterminées :

Vigne dite « Le Trench ». Propriété *Roses*, à *Saint-Laurent-de-la-Salanque*.

Vigne dite « La Farigoul ». Propriété *Canals*, à *Palau-del-Vidre*.

Vigne dite « Maillole Lhiarch ». Propriété *Escudier*, à *Le Boulou*.

Vigne dite « Cardona ». Propriété *Sauvy*, à *Villeneuve-la-Raho*.

Les prélèvements ont été effectués durant trois années consécutives dans les mêmes vignes en utilisant des grappes prises sur un grand nombre de souches.

Une quantité suffisante de raisin dépouillé du thyrse, était prélevée pour donner un litre de moût.

Une presse à suc ordinaire fournissait rapidement le jus, qui était purifié grâce à une essoreuse à main.

La densité du moût ainsi dépouillé, était prise immédiatement et la température du laboratoire rigoureusement notée.

Ceci fait, le litre de moût était versé dans le ballon générateur de trois litres en vue de la mesure de sa radioactivité. La majorité du gaz carbonique contenu dans le moût, était fixée par de la potasse à l'alcool en plaques.

L'excès de potasse était vérifié par une solution alcoolique de phénol phtaleine.

Avant d'effectuer les mesures, la vérification de l'appareil était réalisée en s'assurant de l'absence de gaz carbonique et de vapeur d'eau dans le cylindre de déperdition, l'un et l'autre déchargeant la feuille de l'électroscope.

Pour établir l'absence de gaz carbonique, une expérience « à blanc » a été effectuée avec un moût quelconque, en remplaçant l'appareil de radioactivité par un flacon laveur contenant une solution incolore d'hydrate de baryum. Sachant qu'une trace de gaz carbonique réagit sur l'hydrate de baryum, en donnant du carbonate de baryum opalescent : $CO^2 + H^2O + Ba(OH)^2 \rightarrow CO^3Ba + 2H^2O$ la limpidité constante de la solution a permis de certifier l'absence de gaz carbonique.

Une deuxième expérience ayant pour but de s'assurer de l'absence de vapeur d'eau a été réalisée avec de l'eau distillée bouillie dans laquelle on avait, au préalable, fait passer un courant d'air. L'expérience a été démonstrative, car la fuite spontanée de la feuille de l'électroscope ne fut point influencée.

Une dernière vérification a été faite avec l'air des différents laboratoires où les radioactivités furent mesurées. Dans tous les cas, la radioactivité de l'atmosphère fût négligeable.

Les mesures de radioactivité ont été dès lors menées en suivant la technique indiquée précédemment. Il convient de mentionner ici que chaque fois que la feuille d'aluminium de l'électroscope dut être changée, l'appareil a été étalonné avec un disque de six centimètres de diamètre d'oxyde noir d'uranium (1).

La radioactivité des moûts a toujours été faible, mais les courants d'ionisation ont toujours été au moins deux à trois fois plus forts que la fuite spontanée de l'appareil et ceci confirme très nettement l'opinion de Strutt *qui précise qu'une expérience reste démonstrative si elle est représentée par une augmentation de la moitié de la fuite spontanée.*

En vue de remédier aux difficultés qui se sont présentées pour obtenir des résultats comparables dans la mesure de ces faibles radioactivités, il a été nécessaire de prendre la moyenne d'au moins quatre lectures faites à cinq minutes d'intervalle, la vitesse de la chute de la feuille restant constante entre les mêmes divisions du microscope prises comme repères.

Les premiers résultats exprimés dans le tableau suivant en millimicrocuries sont rapportés à un litre de moût et à un kilogramme de raisin de Carignan.

---

(1) Comme il a été dit plus haut, la mesure de la radioactivité des substances solides est indépendante du volume de la masse à mesurer, mais liée seulement à la surface offerte à l'ionisation.

TABLEAU 1

Nom	Habitat	Densité des moûts	Radio-activité des moûts en mm/c.	Radio-activité des raisins en mm/c.
Roses	Saint-Laurent-de-la-Salanque	1075	0,054	0,033
Canals	Le Boulou	1090	0,079	0,049
Escudier	Palau-del-Vidre	1082	0,084	0,050
Sauvy	Villeneuve-la-Raho	1087	0,112	0,067
Castany	Espira-de-l'Agly	1114	0,114	0,070

Ces moûts mis ensuite en fermentation donnèrent des vins qui ont été examinés dès l'arrêt de la première fermentation (septembre-octobre) ; le vin était « nouveau », commerçable.

Voici les résultats obtenus :

TABLEAU 2

Nom	Habitat	Degré	Radio-activité en m.m/c. par litre de vin
Roses	St-Laurent-de-la-Sque	10°	0,149
Canals	Palau-del-Vidre	13°2	0,168
Escudier	Le Boulou	10°5	0,217
Sauvy	Villeneuve-la-Raho	11°9	0,218
Castany	Espira-de-l'Agly	15°2	0,221

A la même époque, toute une série de vins jeunes d'origine connue, a été étudiée.

Le tableau suivant exprime leur radioactivité et quelques valeurs des essais chimiques de ces vins, obtenus en utilisant les méthodes officielles d'analyse.

TABLEAU 3

Nom	Habitat	Radio-activité en mm/c. par litre de vin	Degré	Acidité volatile	Acidité totale
Conte	Perpignan	0,019	10°2	0,48	6,7
Rabat	Torreilles	0,029	10°3	»	»
Blanc	Nyls	0,044	11°6	0,52	5,6
Manya	Torreilles	0,059	8°2	0,28	8,8
Cazalis	Perpignan	0,067	11°4	1,12	4
F. 8	Perpignan	0,094	8°9	0,40	7
Lavaill	Perpignan	0.139	10°5	0,66	5,1
Roses	St-Laurent	0,149	10°	0,28	7,9
Maccabies	Fourques	0,168	11°4	0,32	6
Canals	Palau	0.168	13°2	0,40	5,9
F. I	Palau	0,183	7°9	0,36	8,7
Escudier	Le Boulou	0,217	10°5	0,40	5,9
Sauvy	Villeneuve	0,218	11°9	0,40	6,5

Les degrés alcooliques ont été obtenus soit par distillation, soit au Malligand, soit à l'ébulliomètre électrique. Dans tous les cas, les corrections nécessaires ont été effectuées.

L'acidité volatile a été réalisée par la méthode de BLAREZ, avec entraînement par la vapeur d'eau.

Le sucre réducteur a toujours été dosé par la méthode Gabriel BERTRAND.

Toutes les autres mesures ont été faites en suivant les méthodes officielles d'analyse.

Des échantillons de ces vins ont été mis en bouteilles fermées *hermétiquement.* (1) Quelques mois après, ces vins ont été examinés.

Le tableau suivant traduit les résultats complets obtenus :

(1) Ceci explique le taux élevé de sucre réducteur dans les vins analysés.

TABLEAU 4

Nom	Habitat	Radio-activité	Degré	Acidité volatile	Acidité totale	Acidité tartrique	Potasse totale	Extrait sec	Cendres	Alcalinité des cendres en CO^3K^2	Sucre réducteur
		en mm/c		en gr.	en gr.	en gr.	en gr.	en gr.	en gr.	en gr.	
Conte	Perpignan	0,008	10°2	0,40	4,92	3,96	5,27	23,75	2,35	1,20	2,9
Roses	St-Laurent	0,044	10°	0,39	7,6	4,92	5,20	17,60	1,60	1,14	2,6
Canals	Palau	0,067	13°2	0,66	5,83	3,96	4,80	30,90	2,80	1,44	1,5
Lavaill	Torreilles	0,067	10°5	0,73	5,83	4,33	5,08	21	1,85	0,72	2,65
Espagne	Perpignan	0,074	11°	1,10	4,90	4,90	4,61	22,25	1,92	0,75	3,72
F. I.	Perpignan	0,077	7°6	0,39	7,35	4,10	4,80	17	1,50	1,00	4,3
Escudier	Le Boulou	0,077	10°5	0,40	4,9	4,46	5,74	21,40	1,75	1,24	3,3
Sauvy	Villeneuve	0,102	11°9	0,40	6,5	4,43	5,74	32,55	2,90	1,31	4
Deprades	Perpignan	0,108	11°	0,98	4,5	4,50	5,00	23,85	2,00	1,10	2
Fourques	Fourques	0,129	11°5	0,72	4,5	4,70	5,10	15,55	2,70	1,24	4,4

Ce tableau indique nettement qu'on ne peut pas établir de rapport entre les mesures de radioactivité et les dosages chimiques.

Tandis que, d'après MM. Nodon et Cuvier, la radioactivité était directement proportionnelle à l'extrait sec à 100° et au sucre réducteur et inversement proportionnelle au degré alcoolique, les courbes que nous avons obtenues sont infidèles et contredisent parfois même les résultats publiés par ces auteurs.

Le tableau suivant synthétise enfin les variations des radioactivités avec le temps :

TABLEAU 5

Nom	Habitat	R. A. des moûts en mm³ en mm/c	R. A. des vins (âges de 8-20 jours en mm/c	R. A. des vins (âges de 4-6 mois) en mm/c
Conte	Perpignan	»	0,019	0,008
Roses	St-Laurent-Sque	0,054	0,149	0,044
Canals	Palau-del-Vidre	0,079	0,168	0,067
Escudier	Le Boulou	0,084	0,217	0,077
Sauvy	Villeneuve-la-Raho	0,112	0,218	0,102

Ces différents tableaux permettent de déduire que :

1°) La radioactivité des vins examinés est bien moindre que celle des vins étudiés par MM. Nodon et Cuvier ;

2°) Il n'est pas possible d'établir des courbes analogues à celles données par ces auteurs ;

3°) Les vins âgés paraissent être moins radioactifs que les vins jeunes ;

4°) Les vins jeunes paraissent être plus radioactifs que les moûts correspondants.

CHAPITRE II

RADIOACTIVITE FERMENTAIRE
FERMENTATION FONGIQUE

Il a été établi précédemment que les vins âgés sont moins radioactifs que les vins jeunes et que ces vins jeunes paraissent être plus radioactifs que les moûts correspondants.

Une eau minérale radioactive mise en bouteille, cachetée, perd en peu de temps toute sa radioactivité. Ceci permet de confirmer que l'émanation se détruit.

Pourquoi donc les vins conservent-ils une radioactivité étale au bout de quatre ou cinq mois ? Ce phénomène peut s'expliquer en considérant que la radioactivité n'est pas seulement produite par un gaz radioactif, mais aussi par une dissolution de sels radioactifs dans le vin, compte tenu que la radioactivité produite par un sel radioactif est récupérée au bout d'un certain temps après l'extraction de l'émanation.

L'accroissement de la radioactivité des vins nouveaux par rapport à celle des moûts correspondants, est un phénomène curieux qu'il convenait d'élucider, car il laisse, *a priori*, supposer que la fermentation étant un phénomène vital, la radioactivité se développait avec la vie.

Il fallait donc essayer de vérifier l'existence de la radioactivité fermentaire.

Dans ce but, l'ensemencement de saccharomyces ellipsoïdeus a été réalisé dans le milieu nutritif de E. Canals (Raulin modifié) :

Eau distillée	1000
Sucre candi	46,60
Bitartrate de Potasse	3.33
Nitrate d'ammonium	2,66
Phosphate d'ammonium	0,40
Sulfate d'ammonium	0,155
Sulfate de magnésie	0,71
Sulfate de zinc	0.046
Alun de fer ammoniacal	0,081
Silicate de potasse	0,046

Les cultures ont été effectuées à 22° à l'abri de jour de la façon suivante :

1°) Deux ensemencements en milieu *aérobie* ; 950 cc. du milieu de Canals et 50 cc. de levure étaient versés respectivement dans deux ballons « Pyrex » de 2000 cc. et les ballons bouchés avec un tampon léger de coton hydrophile.

2°) Deux ensemencements en milieu *anaérobie*. La manipulation était accomplie comme précédemment, mais avec des ballons de 1000 cc. bien remplis, hermétiquement bouchés avec des bouchons de liège paraffinés.

3°) Deux dilutions dans l'eau distillée de 50 cc. de levure et de 950 cc. d'eau distillée.

Les ballons étaient agités de temps à autre par des mouvements de rotation faibles.

Les mesures de radioactivité ont été effectuées comme suit :

1°) Au temps initial avec une solution de 50 cc. de levure dans 950 cc. d'eau distillée ;

2°) Au temps initial avec un litre de solution nutritive ;

3°) Au bout de 96 heures, avec le milieu aérobie ayant fermenté ;

4°) Au bout de 102 heures, avec le milieu anaérobie ayant fermenté ;

5°) Au bout de 192 heures, avec le milieu aérobie ayant fermenté ;

6°) Au bout de 198 heures avec le milieu anaérobie ayant fermenté ;

7°) Au bout de 240 heures, avec une solution de 50 cc. de levure dans 950 cc. d'eau distillée conservée à une température de 22°.

Dans tous les cas, il a fallu fixer avec de la potasse en plaque la grande quantité de gaz carbonique des différents milieux.

Les résultats ont toujours été négatifs, les mesures ne représentant jamais une augmentation de plus du tiers de la fuite spontanée. Ils ont eu néanmoins une heureuse répercussion puisqu'ils ont aiguillé la suite des recherches vers d'autres travaux.

Lors de l'étude des moûts du *Roussillon*, les mesures de la radioactivité avaient porté seulement sur le jus de raisin filtré. Il n'avait pas été tenu compte

de la radioactivité du thyrse, de l'épicarpe et du grain de raisin.

Or, les vins étudiés ont été obtenus comme à la propriété, c'est-à-dire en utilisant la grappe entière.

Il restait donc à examiner si le thyrse, le péricarpe, les pépins de raisins n'étaient pas radioactifs. Les expériences, reprises en septembre 1932, ont porté sur des pulpes préalablement plongées dans un litre d'eau distillée.

Il fut facile alors de constater que la radioactivité du vin jeune (vin nouveau) correspondant, était voisine de la radioactivité totale du moût et des pulpes.

Le tableau suivant traduit les résultats obtenus :

TABLEAU 6

	R. A. en MMC. des moûts filtrés	R. A. en MMC des pulpes	R. A. en MMC des vins après 8 à 20 jours de fermentat.
St-Laurent-de-la-Sque	0,048	0,043	0,104
Le Boulou	0,101	0,084	0,183
Villeneuve-la-Raho	0,108	0,087	0,200

Ceci corrobore l'observation précédente sur l'impossibilité d'établir une relation entre la fermentation (phénomène vital) et la radioactivité (1).

(1) Les résultats précédents ont été confirmés par plusieurs mesures sur un même vin, à un ou deux jours d'intervalle.

CHAPITRE III

MONOGRAPHIE RADIOACTIVE

L'étude de la radioactivité, pour être complète, devait porter sur une grande quantité de vins.

Il convenait donc d'étudier, après les vins du *Roussillon*, les vins du *Languedoc* et *d'Algérie*, les vins de *Bordeaux*, les vins d'*Anjou*, de *Champagne* et d'*Alsace*. Les tableaux suivants aussi compréhensifs que possible, traduisent les divers résultats de mesures de radioactivité et des degrés alcooliques des vins obtenus.

La radioactivité est exprimée en millimicrocurie par litre de vin.

1. — VINS DU MIDI DE LA FRANCE ET D'ALGÉRIE

a) Aude

Narbonne	D	9°1	.....	R	0,059
Nissan	D	7°8	.....	R	0,063

Narbonne	D	7°1		R	0,092
Coursan	D	8°9		R	0,105

b) Minervois

Vin 1	D	9°6		R	0,096
Vin 2	D	9°1		R	0,103
Vin 3	D	8°9		R	0,132

c) Hérault

Vin X	D	8°4		R	0,043
Chappert	D	9°2		R	0,074
Villeveyrac	D	7°6		R	0,112
Vin 6	D	8°3		R	0,207
Vin 4	D	8°1		R	0,213

d) Pyrénées-Orientales

1°) *Vins blancs :*

Fourques	D	11°5		R	0,129
Blanc 1	D	10°6		R	0,137
Blanc 2	D	10°2		R	0,143

2°) *Vins rouges :*

Corneilla-del-Vercol	D	9°2		R	0,101
Deprade 1930	D	10°1		R	0,102
Canet (Vincent)	D	10°3		R	0,215
Deprade 1931	D	10°3		R	0,218
Mazel de Laubies	D	10°		R	0,250
Lafabrègue	D	8°2		R	0,280

e) Bouches-du-Rhone

X 1	D	8°2		R	0,096
X 2	D	9°7		R	0,101

f) Vaucluse

X 1 Orange	D	9°9	R	0,009
X 2 Orange	D	8°8	R	0,013
X 3 Orange	D	8°5	R	0,077
X 4 Orange	D	8°3	R	0,084

g) Algérie

P. Chavon et Selles Alger	D	10°1	R	0,042
Cazalis Delord, Oran II..	D	10°7	R	0,064
Cazalis Delord, Oran 1 ..	D	11°4	R	0,070

III. — VINS DE BORDEAUX

X 1 (1) (Gironde)	D	9°6	R	0,115
X 2 (Gironde)	D	10°	R	0,138

III. — VINS DE BOURGOGNE

Chablis (Yonne)	D	11°	R	0,112
Beaune (Côte-d'Or)	D	11°2	R	0,210

IV. — VINS D'ANJOU

Saumur (Maine-et-Loire)..	D	10°	R	0,137
Cholet (Maine-et-Loire) ..	D	11°	R	0,190

(1) Les vins de Moulis Listrac, de Riom et de Château Margaux ont également été étudiés. Les résultats respectifs (0,210, 0,237, 0,192 M M C) ne permettent pas de tirer de conclusion, ces vins ayant été étudiés en 1933 et datant des cuvées de 1925, 1929, 1931.

V. — VINS DE CHAMPAGNE (1)

Songis 1, Epernay (Marne)	D	10°5	.....	R	0,192
Songis II, Epernay (Marne)	D	11°	.....	R	0,205

VI. — VINS D'ALSACE ET DU RHIN (2)

X 1 Colmar (Haut-Rhin) ..	D	11°	.....	R	0,220
X 2 Colmar (Haut-Rhin) ..	D	11°	.....	R	0,225

(1) Les mesures ont porté seulement sur des vins non mousseux, afin de n'être point gênées par le gaz carbonique. Les résultats n'en sont que plus probants.

(2) L'examen des différents tableaux confirme qu'il n'y a pas de rapport entre la radioactivité et le degré alcoolique.

CHAPITRE IV

RADIOACTIVITE EVOLUTIVE

L'étude de la radioactivité des vins conduit à rechercher si le gaz ionisant qu'ils fournissent est vraiment radioactif.

Sir William RAMSAY a judicieusement attiré l'attention des savants sur le fait que tous les composés renfermant de l'hélium, renfermaient un corps radioactif, cet hélium étant en quelque sorte un sous-produit de la désintégration des éléments radio-actifs.

La présence d'hélium dans le raisin justifierait dès lors l'existence de la radioactivité. (1)

---

(1) Il faut néanmoins mentionner qu'il n'y a aucun parallélisme entre la radioactivité d'un corps, tel le vin, et la quantité d'hélium qu'il dégage, car, comme l'indique M. MOUREU pour les eaux radioactives, cet hélium n'est pas de l'hélium jeune, mais de l'hélium fossile existant dans ce corps.

Mais la nécessité de disposer d'un appareillage rare, compliqué et délicat pour le dosage de l'hélium n'a pas permis, momentanément, d'y procéder.

Pour suppléer à ce dosage, l'on a eu recours aux mesures de radioactivité de raisins d'une même vigne à des époques déterminées de la maturité.

Si les résultats se traduisent par des nombres augmentant avec le temps, il est permis d'admettre que le gaz ionisant est peut-être radioactif.

Or, les mesures de radioactivité de raisin aramon de même origine, effectuées à des époques différentes ont permis de constater une radioactivité croissante.

Le tableau suivant schématise ces résultats :

TABLEAU 7

Habitat	Nature du raisin	Epoque de mesure	R. A. en MMC par litre de jus de raisin
Celleneuve	Aramon	20-6-1933	0,034
Celleneuve	Aramon	12-7-1933	0,088
Celleneuve (Hérault)	Aramon	10-8-1933	0,100

Si l'on admet que le gaz ionisant extrait des raisins et des vins est dû à la radioactivité du raisin, il convient de rechercher l'origine de cette radioactivité.

Le sol et l'atmosphère constituent, à priori, les deux facteurs d'observation nécessaires.

En ce qui concerne le sol, les terres arables de production des raisins examinés ont accusé le plus souvent des radioactivités faibles, mais non négligeables, surtout pour certaines terres volcaniques.

En ce qui concerne l'atmosphère, les mesures radioactives de l'air à l'électroscope de Chéneveau et La-

borde ont établi que l'air est peu radioactif ; néanmoins, si l'on s'en rapporte aux travaux de Elster (1), Geitel, Rutherford, Allan, Bumstead, Wheeler, Dadourian, Ebert, Ewers, il faut admettre que l'atmosphère renferme une émanation qui peut être accumulée dans une enceinte fermée. D'après ces auteurs, l'ionisation spontanée de l'air est due à l'émanation et au rayonnement des corps radioactifs types et de leurs produits de désintégration (2).

Ceci ne paraît pas cependant suffisant pour expliquer la radioactivité du raisin.

Le soleil semble également avoir une réelle influence sur la radioactivité du raisin. On a constaté que certaines toitures en cuivre, en zinc ou en plomb exposées au soleil durant plusieurs années accusaient une radioactivité mesurable.

D'autre part en considérant qu'un disque de 6 centimètres de diamètre d'une terre arable ensoleillée a une radioactivité très légèrement supérieure à celle d'un disque de même terre conservée à l'ombre, on peut raisonnablement en déduire la possibilité d'une radioactivité provoquée par le rayonnement solaire.

Ceci est confirmé par l'augmentation de la radioactivité du raisin avec le temps d'insolation, comme il a été indiqué plus haut.

Enfin, il convient de signaler qu'une autre interprétation de la radioactivité du vin peut être suggérée par la magnifique hypothèse de M. Perrin qui veut que la radioactivité pourrait être due à une cause extérieure.

---

(1) La Radioactivité et les Transformations des Eléments, par J. Becquerel (Payot, éd. 1924).

(2) La teneur en émanation augmente à la suite d'une baisse de pression, qui provoque le dégagement de l'émanation accumulée dans les pores du sol.

Alors que la théorie classique de la radio-activité admet que la désintégration est exothermique, la théorie nouvelle de M. Jean Perrin veut que les désintégrations atomiques, en apparence exothermiques, soient, en réalité, des phénomènes endothermiques, provoqués par des rayons ultra pénétrants, issus du centre de la terre et véhicules de quantités énormes d'énergie. Ceci est confirmé par la découverte de radio-éléments tels le radio-azote (1), radio-phosphore, etc...

Sachant que les végétaux renferment du carbone, de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'azote , du soufre, du phosphore, du potassium, du magnésium, du fer et du calcium, il est permis d'émettre l'hypothèse d'une production de radio-éléments sous l'influence de ce rayonnement ultra-pénétrant.

Ces radio-éléments libèreraient une radioactivité mesurable.

En résumé, le sol, grâce aux éléments radioactifs qu'il renferme, donnerait à la plante une radioactivité faible et permanente, qui reste constante dans le vin même après quelques mois, tandis que le soleil lui donnerait une radioactivité éphémère mais légèrement supérieure.

Les observations précédentes inclinent à penser que la modification de la composition des sols peut, dans une certaine mesure, et compte tenu de l'effet solaire, avoir une influence précieuse sur la radioactivité des raisins. En vue de vérifier cette possibilité, des essais ont été effectués sur des plantes à végétation rapide (Pisum Sativum).

---

(1) Neutrons et Positions. Radioactivité artificielle par M. et Mme Joliot (Revue Générale des Sciences pures et appliquées, t. XLV, n° 8, avril 1934).

A cet effet, trois caisses de 0 m. 50 de côté et 0 m. 20 de haut furent emplies de terre dans les proportions suivantes :

Caisse n° 1 : Terre arable : 25 kg.

Caisse n° 2 : Terre arable : 25 kg. + 0 kg. 250 terre radioactive rouge (1).

Caisse n° 3 : Terre arable : 25 kg. + 0 kg. 250 terre radioactive blanche.

Soixante cinq grammes de pois furent ensemencés dans chaque caisse. La culture fut réalisée en plein air.

Quarante-cinq jours après, 350 à 400 grammes de la partie aérienne (tige, feuille, fleur), furent récol tés dans les différentes caisses et leur radioactivité mesurée en suivant la technique précédemment exposée.

Les pois réduits en pulpe grossière furent introduits dans le ballon générateur et additionnés de potasse à l'alcool pour fixer le gaz carbonique.

Un barbotteur supplémentaire à acide sulfurique fut intercalé dans le montage normal pour fixer l'ammoniaque produit par les matières protéiques du végétal.

Les mesures de l'électroscope de Cheneveau et Laborde n'ont accusé aucune radioactivité à l'avantage des pois traités par les terres radioactives.

Il ne semble pas possible cependant de conclure que la radioactivité ne peut être amenée par la

---

(1) La terre radioactive rouge valait 0,05 de l'oxyde noir d'uranium, la terre radioactive blanche 0,24.

sève de la partie souterraine à la partie aérienne de la plante.

En effet, si une radioactivité de translation n'a pas pu être décelée, il n'en reste pas moins vrai que le végétal est sensible à l'action de l'engrais radioactif, comme on le constatera plus loin.

Cette unique expérience sur les pois est insuffisante. Il conviendrait de traiter, plusieurs années consécutives, des mêmes plantes par un même corps radioactif. Les résultats accumulés permettraient d'affirmer alors seulement la possibilité ou l'impossibilité d'une radioactivité transmise du sol à la plante.

Ces recherches sont poursuivies, en particulier sur la vigne.

TROISIEME PARTIE

TOXICITE DE L'OXYDE NOIR D'URANIUM ET DES TERRES DITES RADIOACTIVES

L'étude de la radioactivité évolutive des vins a permis de constater que l'addition de terre radioactive à une terre ordinaire, modifiait la végétation.

Il semblait donc intéressant, pour essayer de dégager une conclusion pratique de l'étude de la radioactivité des vins, d'établir ici l'influence des corps radioactifs sur la végétation.

Les différents résultats qui sont publiés ici, enregistrés au laboratoire, n'ont certes pas la prétention d'être originaux, mais ils précisent, en quelque sorte, et synthétisent, les multiples travaux effectués jusqu'à ce jour.

Les recherches ont porté particulièrement sur l'influence de l'oxyde noir d'uranium et des terres dites radioactives sur la végétation.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE. == RESULTATS ANTERIEURS

Les phénomènes chimiques gouvernent en partie la nutrition végétale et animale.

Raulin et G. Bertrand furent les premiers, après Pasteur, à prouver l'influence des infiniment petits chimiques sur la végétation. D'autres auteurs ont, à leur suite, étudié l'influence des éléments minéraux et certains ont recherché quel était le rôle physiologique des corps radioactifs.

Les premiers travaux importants sont dus à Max Koernicke qui, en 1904, rechercha l'influence des rayons du radium et des rayons de Roentgen sur la germination et la croissance.

Cette étude parallèle, montre que la croissance des plantules de Vicia Faba est entravée par ces rayons après un début de légère accélération, tandis que les racines s'épaississent et deviennent jaune brunâtre.

En 1910, C. Acqua admit que, à quelques exceptions près, le radium arrête plus ou moins complètement

le développement des plantes. Il conclut à une indépendance absolue des parties aériennes vertes, cependant que les parties souterraines restent très sensibles à leur action.

A la suite de ces observations, Acqua trouve logique que les parties aériennes restent insensibles aux effets radioactifs, étant donné qu'il existe des analogies certaines entre l'action de la lumière et l'action du radium.

La même année, Korosy assimile les processus radioactifs aux phénomènes catalytiques.

G. Fabre, en 1911, publie les résultats de ses recherches sur « l'effet de l'activation de l'atmosphère, par l'émanation de radium, sur la germination et la poussée des différents organismes végétaux ». L'émanation du radium à haute dose ralentirait la germination des spores de *Sterigmatocystis Nigra* sur la gélose acide ainsi que le développement du *Mucor Mucedo*. D'après G. Fabre, le *Linum Catharticum* subirait une influence favorable sous l'effet d'une solution de radium à 0,75 microcuries pour 1000.

Les conclusions de ces recherches se rapprochent de celles de J. Dauphin, relatives à l'influence des rayons du radium sur le développement et la croissance des champignons inférieurs.

J. Dauphin constate un arrêt dans la croissance de mycelium et dans la germination des spores en même temps que dans les filaments myceliens, se forment des kystes de défense.

Par une observation soutenue, l'auteur conclut à une action simplement paralysante puisque tout rentre dans l'ordre lorsque le végétal revient en milieu normal.

Au cours de l'année 1912, H. Agulhon et R. Suzerac étudient « l'activation » de certains processus d'oxydation microbiens par les sels d'urane.

A des doses variant de 1/500 à 1/100.000 de milligramme, l'acétate ou le nitrate d'urane exerce une action activante extrêmement énergique sur certains microbes, ferment acétique et bactérie du sorbose, déterminant un accroissement considérable des produits de leur activité.

Ils essaient de discerner le rôle joué par la radioactivité et par le catalyseur. Ils montrent, en même temps, que ces sels d'urane favorisent le développement de *Aspergillus Niger*.

Molisch confirme les différents résultats précédemment enregistrés en étudiant en 1912, l'action du radium et des rayons ultra violets sur les végétaux.

La même année, J. Stoklasa étend et confirme ces recherches en utilisant des eaux fortement radioactives.

En 1913, Acqua précise le rôle des corps radioactifs en physiologie végétale, en examinant la dégénérescence nucléaire provoquée par l'action du nitrate d'uranyle sur la cellule végétale de *Triticum Sativum*.

Ecartant tout phénomène de catalyse, il admet l'action radioactive du corps et en même temps une formation active d'un composé organo-métallique.

G. Petit et Ancelin reprennent en 1914 les expériences précédentes avec des engrais radioactifs.

En ajoutant l'engrais radioactif à 2 pour cent aux engrais complets, il y aurait ionisation et ozonisation favorisant la nitrification de l'ammoniaque soit di-

rectement, soit en activant la pullulation des microbes nitrificateurs aérobies.

Ils résument les résultats obtenus en admettant une plus grande richesse des racines, un accroissement plus intense de bois, un aspect plus vigoureux du feuillage, une précocité et un éclat plus grand des fleurs.

J. Perriraz, par sa publication de 1913 « Influence du radium sur les plantes » confirme simplement les résultats antérieurs.

Ch. Packard, en 1919, oriente différemment ses recherches, émettant l'hypothèse d'une relation possible entre les phénomènes de radioactivité et ceux de photosynthèse. Le Volvox irradié perd son mouvement, le *Spirogyre* perd de la chlorophylle..

V. H. Blackman, en 1920, montre le rôle énorme que joue le potassium dans la vie de la plante et croit que son effet résulte de son pouvoir radioactif. Ce problème est étudié et contrôlé magistralement par H. Zwaardemaker en remplaçant le végétal par l'animal.

En 1921, Laborde et Lemay montrent l'inactivité des substances radioactives sur l'amylase.

A. Nodon, en 1923, prétend que les organismes vivants animaux et végétaux, sont radioactifs et que le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote de la cellule se désintègreraient comme le radium.

D. Berthelot, à la suite de recherches personnelles, détruit systématiquement ces résultats.

P. Becquerel n'admet pas également la thèse de Nodon, mais concède une radioactivité possible en raison de la présence de potassium.

E. Kayser et H. Delaval reprennent, en 1925, les ex-

périences antérieures sur les azotobacters et prouvent qu'il y a une plus grande quantité d'azote fixée en milieu mannité et radioactivé qu'en milieu seulement mannité.

Ils étudient, en outre, l'influence des corps radioactifs sur la fermentation alcoolique et constatent que les levures au contact des corps radioactifs détruisent une plus grande quantité de sucre et parallèlement produisent davantage d'alcool.

La même année, R. Bruynogla et J. Maisin remarquent l'influence inhibitive sur la croissance du *Pisum Sativum* des rayons β et γ et affirment que cytologiquement il y a altération nucléaire et cessation de caryocinèses.

Poursuivant leurs recherches sur les éléments radioactifs J. Stoklasa et J. Penkava publièrent en 1925 une documentation complète sur la radioactivité des gaz éruptifs du Vésuve et des volcans de Solfatara et leur influence sur le développement des bactéries et des plantes supérieures. Prenant deux nouveaux témoins, le *Spartium Junceum* et le *Robinia-Pseudo-Accacia*, ils concluent à un développement plus rapide dans une atmosphère radioactive et à une activation de la photosynthèse par les rayons β et γ.

H. Lassalle et R. Delas, en 1926, par l'action du thorium X sur *Aspergillus Niger* augmentent sa vitesse de croissance et hâtent l'apparition de la sporulation.

J. Stoklasa et J. Penkava, en 1928, examinent l'action biologique de l'ion uranyle sur *Béta Vulgaris*, sur *Soja hispida* et sur *Vicia Faba* et déclarent que l'action de l'uranium serait due à un phénomène d'oxydoréduction (les rayons X favorisent les proces-

sus d'oxydation et les rayons β et γ les processus de réduction) et à son action sur les colloïdes.

G. Mezzadroli et E. Vareton confirment, en 1931, les résultats de G. Petit et Ancelin en utilisant des terres radioactives. Les plantes traitées sont plus robustes et plus vertes que les témoins.

D. Moutet, incorporant de l'oxyde noir d'uranium à la terre, obtient, en 1932, un accroissement de récolte par le seul effet du rayonnement de l'élément radioactif. Ce résultat est contredit, la même année, par les expériences de Briaix et Jouis et par celles de Lepape et Trannoy.

Enfin, A. et R. Sartory, J. Meyer et Ernst, dans un compte rendu à l'Académie des Sciences de Décembre 1933, constatent l'influence inhibitrice du radium sur la croissance des radicelles de *Lens Esculata*.

En résumé, les différentes recherches aboutissent aux observations suivantes :

1°. Excitation de la croissance à dose minimale de corps radioactifs.

2°. Arrêt de la germination et du développement à dose forte.

3°. Action très nette sur les racines, presque nulle sur la partie aérienne.

CHAPITRE II

ROLE PHYSIOLOGIQUE DE L'OXYDE NOIR D'URANIUM

I. — ACTION DE L'OXYDE NOIR D'URANIUM SUR LES VEGETAUX SUPERIEURS

A. — Technique.

Pour obtenir des mesures comparatives, il fallait utiliser des milieux nutritifs identiques et des végétaux à croissance rapide, de même poids et de même origine.

La culture sur eau bidistillée ne pouvant être impunément prolongée, par suite de la digestion hâtive des réserves des plantes, il convenait d'utiliser un milieu favorable à leur croissance pour que ces dernières n'aient pas à souffrir d'un défaut de nutrition.

La solution employée est voisine de celle de Detmer. Sa composition est la suivante :

		Correspondant à
Sulfate de calcium	0 gr. 430	0 g 100 Ca
Phosphate acide de potassium	0 gr. 697	0 g 200 K
Nitrate d'ammonium	0 gr. 500	
Alun de potassium	0 gr. 100	0 g 005 Al
Silicate de potassium	0 gr. 100	
Sulfate de fer ammoniacal	0 gr. 0175	0 g 001 Fe
Chlorure de sodium	0 gr. 050	0 g 020 Na
Sulfate de manganèse	0 gr. 004	0 g 001 Mn
Iodure de potassium	0 gr. 001	traces d'iode
Sulfate de zinc	0 gr. 001	traces de zinc
Eau distillée	1000 cc	

La solution est stérilisée durant 10 minutes à l'autoclave à 120° et, après refroidissement, versée dans des récipients variés (éprouvettes de 150 millimètres sur 25 de diamètre, poudriers de 110 mm. sur 45, cristallisoirs de 50 mm. de hauteur sur 100 mm. de diamètre). Tous ces récipients ont été lavés, au préalable, à l'acide chlorhydrique au 1/5 et bouillant, puis rincés à l'eau distillée et finalement à l'eau bidistillée (1), jusqu'à ce que le liquide de lavage ne donne pas de louche avec l'azotate d'argent. Les récipients ont été ensuite bouchés au coton et stérilisés à la chaleur sèche. Les cristallisoirs ont été seulement rincés plusieurs fois avec de l'eau distillée bouillante.

Le liquide nutritif a été versé ensuite dans ces récipients, auquel il a été ajouté des doses progressives d'oxyde noir d'uranium calciné (2).

---

(1) L'eau bidistillée utilisée est obtenue par distillation à partir d'eau distillée (3.000 cc.) mise en contact avec de la baryte (15 gr.).

(2) L'oxyde noir d'uranium calciné décharge la feuille de l'électroscope aussi rapidement que l'oxyde noir ordinaire.

Ces précautions ont été prises pour éviter toute moisissure ; avant de verser les graines de semence dans le liquide nutritif, elles ont été agitées durant un quart d'heure, dans un mélange de sable et d'eau distillée stérile, puis plongées pendant cinq minutes dans une solution de sublimé à 1 0/00 et enfin lavées 4 ou 5 fois dans de l'eau distillée stérile.

Les graines ont été ensuite placées dans des cristallisoirs en verre de 30 cm. de diamètre, tapissés de coton hydrophile imbibé d'eau bidistillée, le tout étant aseptique.

Il a été constaté que, dans ces conditions, les graines germent en deux ou trois jours. Lorsque les racines ont atteint 10 millimètres environ de longueur, elles ont été placées sur une boucle de verre soudée perpendiculairement à un tube de verre, en ayant soin de faire plonger la racine de quelques millimètres dans le liquide nutritif.

Le tube de verre avait été adapté à un raccord de caoutchouc pincé entre les branches d'une épingle anglaise reposant sur les rebords de l'éprouvette, de façon à pouvoir faire jouer le tube de verre de haut en bas pour que la boucle affleure le liquide.

Lorsque les cultures ont été mises en observation dans les cristallisoirs, le dispositif d'installation a été modifié. Des coupes de bouchon de 20 millimètres de diamètre et trois millimètres d'épaisseur ont été percées de trous de trois millimètres de diamètre plongées dans un bain de paraffine et lavées à l'alcool à 95° (5 graines par récipient).

Pour empêcher l'action de la lumière sur les racinés, ces éprouvettes ont été ou bien placées dans une boîte rectangulaire cloisonnée, peinte en noir et recouverte d'un carton noir, dans lequel étaient mé-

TABLEAU 8

OXYDE NOIR D'URANIUM EN MILLIGRAMMES PAR LITRE

	Eau bidistillée		0		0,01		0,05		0,10		1		10		100		1 gr.		5 gr.		10 gr.	
Dates	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T
1er jour	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0
2e jour	15	0	10	0	10	0	15	10	10	5	10	5	10	Pointe	10	5	10	Pointe	10	Pointe	10	0
3e jour	20	0	15	5	20	7	29	20	20	15	20	10	10	5	10	10	15	Pointe	10	10	10	10
4e jour	20	0	15	8	28	15	40	30	20	15	30	10	20	15	15	15	15	5	10	10	10	13
6e jour	30	0	15	12	40	30	50	35	20	25	30	20	20	18	15	20	15	15	12	15	10	15
8e jour	35	5	30	30	55	35	55	40	30	29	35	30	30	18	20	20	15	15	12	20	15	15
11e jour	50	15	35	35	60	42	55	60	35	37	35	38	35	20	25	22	15	20	15	20	15	15
13e jour	65	30	50	40	65	50	70	80	43	40	40	40	40	22	25	30	15	30	15	30	15	20
15e jour	70	35	60	40	70	55	80	90	50	46	45	45	40	30	30	32	15	35	15	30	15	25
20e jour	80	40	80	60	90	80	92	100	57	62	50	50	45	35	35	40	15	40	15	35	15	30
25e jour	80	50	90	60	95	90	100	105	61	75	60	55	60	45	35	45	15	40	15	35	15	35
27e jour	80	50	100	70	100	110	105	105	65	90	60	55	60	50	35	50	15	40	15	35	15	35

nagées des ouvertures pour le passage des éprouvettes, ou bien enveloppées chacune de papier noir mat.

B. — Expériences sur Pisum sativum (pois).

Les pois ont été cultivés en éprouvettes.

Les doses d'oxyde noir d'uranium variaient entre 0 mmgr. 10 et 10 grammes.

Les cultures ont duré au maximum un mois. Le tableau 8 schématise les résultats des différentes expériences effectuées.

Il découle de l'examen de ce tableau que :

1° A la dose de 1/100 de milligramme d'oxyde noir d'uranium pour 1.000, le pois subit un allongement appréciable et constant de sa tige et un allongement faible de sa racine ;

2° A la dose de 5/100 de milligramme d'oxyde noir d'uranium pour 1.000, le pois subit un allongement maximum de sa racine ;

3° La dose de 1/10 de milligramme d'oxyde noir d'uranium pour 1.000 entrave la végétation ;

4° La dose de 1 gramme d'oxyde noir d'uranium pour 1.000, annihile le développement des racines. La partie aérienne reste toutefois plus résistante.

Il convient de compléter l'enseignement de ce tableau par les observations suivantes :

1) Un pois ayant germé dans de l'eau bidistillée, ou mieux, dans le liquide de Detmer, possède une racine mère blanche donnant naissance à de nombreuses racines secondaires. La tige présente des rameaux alternes. Les feuilles sont bien développées.

2) Un pois ayant germé dans une solution contenant 1/100 de milligramme d'oxyde noir d'uranium pour 1.000, se développe dans les mêmes conditions, mais la racine est légèrement teintée de jaune.

3) Un pois ayant germé dans une solution contenant 1 gr. pour 1.000 d'oxyde noir d'uranium, présente un aspect général malingre. De nombreuses petites racines partent d'un axe court et massif ayant quelques millimètres de longueur. Les radicelles sont fripées et noirâtres. La croissance du végétal, qui offre un aspect tératologique, semble arrêtée.

Les tiges sont courtes, tordues et parfois réduites à un tronçon difforme d'où partent quatre ou cinq rameaux.

Les feuilles sont petites, étiolées et présentent des signes indiscutables d'intoxication par l'oxyde noir d'uranium.

Ces phénomènes apparaissent, en général, à partir d'une teneur de 1 gr. pour 1.000 d'oxyde noir d'uranium.

D'autres recherches ont été effectuées en vue d'établir si l'influence de l'oxyde noir d'uranium variait avec la distance de l'oxyde à la plante.

Des pois ont été placés sur la boucle de verre à des distances de 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 millimètres du fond de l'éprouvette ayant 25 mm. de diamètre, tapissé d'une couche uniforme de 0 gr. 50 d'oxyde noir d'uranium.

Les résultats des expériences sont transcrits dans le tableau suivant :

TABLEAU 9

	d = 10 mm		d = 20 mm		d = 40 mm		d = 60 mm		d = 80 mm		d = 100 mm		d = 120 mm		d = 140 mm	
Dates	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
1er jour	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0
3e jour	12	0	10	0	15	Pointe	15	0	15	0	15	0	20	Pointe	20	5
6e jour	15	0	15	pointe	20	5	20	0	20	5	20	15	25	7	20	15
8e jour	15	5	15	10	20	9	20	10	20	5	20	20	25	10	25	22
10e jour	15	5	15	12	20	15	20	15	20	20	22	25	25	35	30	40
12e jour	15	10	15	20	20	20	20	20	20	25	22	30	30	40	40	47
15e jour	15	20	20	30	20	20	20	35	20	35	22	35	50	45	55	58

De l'observation de ce tableau, on peut induire que l'oxyde noir d'uranium arrête la végétation, tout au moins en partie par son rayonnement.

Il convient de noter ici qu'un phénomène de géotropisme négatif très net se produit lorsque l'oxyde noir d'uranium agit vivement sur le pois. La racine fuit son influence et remonte à la surface du liquide.

C. — EXPERIENCES SUR LENS ESCULATA (Lentille)

Les différentes cultures ont été effectuées dans des cristallisoirs, en utilisant des flotteurs de liège percés de cinq trous, comme il a été indiqué précédemment.

Le tableau suivant traduit les résultats des mesures. Les chiffres indiqués sont la moyenne des lectures de cinq témoins.

---

(1) Une expérience nette, en ce qui concerne la toxicité de l'oxyde noir d'uranium a été effectuée dans un petit cristallisoir tapissé de coton hydrophile humide, recouvert d'une pellicule d'oxyde noir d'uranium. Le tableau comparatif suivant est très expressif :

TABLEAU 10

Dates	R	T	R	T
1er jour	10	0	10	0
3e jour	18	0	12	0
6e jour	20	10	12	10
8e jour	30	25	Mort	Mort
15e jour	55	40	Mort	Mort
27e jour	65	65	Mort	Mort

TABLEAU 11

OXYDE NOIR D'URANIUM PAR LITRE

0 gr.	Eau bidistillée		0 gr.		0 gr. 01		0 gr. 10		1 gr.		10 gr.		50 gr.		100 gr.	
Dates	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
1er jour	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
3e jour	15	3	15	15	15	15	15	15	15	6	15	pointe	15	pointe	15	pointe
5e jour	25	15	25	25	25	20	25	25	25	10	20	10	15	10	15	2
9e jour	30	30	25	25	25	25	35	30	25	15	25	10	20	10	17	3
12e jour	35	40	35	40	35	40	38	40	25	15	25	13	20	10	17	3
16e jour	35	60	40	65	45	68	45	65	25	15	25	13	20	10	17	3

Les résultats sont, par conséquent, du même ordre que ceux obtenus avec les pois.

D. — EXPERIENCES SUR HYACINTHUS Sp. (Jacinthe)

De nouvelles expériences ont été effectuées avec des bulbes de Jacinthes, pesant 60 grammes, vendues sous la nomination « Roi des Jaunes » « Jaune foncé ».

La culture a été effectuée en posant le bulbe sur des éprouvettes mesurant 24 cm. de hauteur et 3 cm. 5 de diamètre intérieur.

Les doses d'oxyde noir d'uranium ajoutées varient entre 0 gr. 10 et 20 gr. pour 1.000.

Les résultats obtenus sont transcrits dans le tableau 12, dans lequel on prendra soin de lire R = racine, F = fleur, T = tige.

Il convient de noter que :

1° Les Jacinthes des tubes 3 et 4 étaient en complet épanouissement au bout de 35 jours, alors que la Jacinthe du tube 2 était encore en bouton.

2° Les Jacinthes, au lieu d'être jaune foncé, étaient blanc crême, ce qui correspondait bien à une végétation forcée.

3° Le parfum n'avait pas été altéré.

Les expériences réalisées avec Hyacinthus sp. prouvent nettement que l'oxyde noir d'uranium à faible dose agit favorablement.

On peut obtenir la floraison en quarante jours, ce qui permet de gagner au moins vingt jours sur la floraison normale.

L'examen microscopique montre qu'il y a des modifications nettes dans la structure de la racine par addition d'oxyde noir d'uranium. L'examen effectué en utilisant la méthode par inclusion à la paraffine est actuellement à l'étude.

II. — ACTION DE L'OXYDE NOIR D'URANIUM SUR LES VEGETAUX INFERIEURS

A. — Technique.

Le milieu nutritif est ici celui de Canals, légèrement modifié :

Eau distillée	1.000 cc.
Glucose anhydre (1)	45 gr.
Bitartrate de potassium	3,33
Nitrate d'ammonium	2,66
Phosphate d'ammonium $PO^4H^2NH^4$	0,40
Sulfate d'ammonium SO^4NH^4	0,155
Sulfate de magnésium	0,71
Sulfate de zinc	0,046
Alun de fer ammoniacal	0,081
Silicate de potassium	0,046

Les cultures ont été effectuées avec des cristallisoirs en verre de Bohême de 14 cm. de diamètre sur

(1) Le milieu nutritif de Canals normal renferme 46 gr. 60 de sucre candi, au lieu de 45 grammes de glucose anhydre utilisé.

7 cm. 5 de profondeur, fermés par un couvercle en verre, maintenu par des crochets en verre un peu au-dessus du vase, pour permettre l'accès de l'air tout en mettant les cultures presque complètement à l'abri d'une contamination étrangère. Les expériences ont été effectuées chaque fois dans des cristallisoirs renfermant 500 cc. de liquide. Tous les produits ou instruments ont été stérilisés au préalable à 120°.

B. — Expériences sur Aspergillus niger.

L'ensemencement a été effectué avec des conidies provenant d'une culture d'*Aspergillus Niger, et* porté à l'étuve réglée à 35°.

Le résultat de la culture est exprimé dans le tableau 13.

On peut tirer du tableau 13, les conclusions suivantes :

1° Excitation très nette de la végétation dans les premières heures par l'oxyde noir d'uranium ;

2° Excitation constante de la sporulation par l'oxyde noir d'uranium. Les spores apparaissent 18 heures plus tôt dans un milieu radioactivé que dans un milieu non radioactivé.

Les hyphes fructifères et les conidies subissent également l'influence de l'oxyde noir d'uranium. Au microscope muni d'un micromètre, les hyphes fructifères du milieu I non radioactivé mesuraient 35 divisions du micromètre. Ils étaient très grêles et portaient peu de conidies ayant un diamètre de 12 divisions au micromètre.

Progressivement, les milieux II, III, IV, V accusaient des hyphes fructifères mieux formés, supportant des

TABLEAU 13

Quantité d'oxyde noir d'uranium		12 h.	24 h.	36 h.	48 h.	66 h.	84 h.
cristallisoir N°	en gr. 0/00						
I	0	Néant	1 îlot de mycelium	1 îlot 3 cm. × 3 ceinture mycelienne fine	1 îlot 6 cm. × 6 ceinture mycelienne fine	1 îlot 7 cm. × 6 Sporulation nulle	1 îlot 7 cm. × 6 Sporulation très faible
II	0,001	Traces mycelien-nes	idem	idem	idem	1 îlot 7 cm. × 6 Sporulation très faible	1 îlot 7 cm. × 6 Sporulation faible
III	0,010	idem	idem	idem	idem	1 îlot 10 cm. × 6 Sporulation très faible	1 îlot 10 cm. × 6 Sporulation faible
IV	0,100	idem	3 îlots de mycelium	3 îlots de mycelium ceinture mycelienne fine	1 îlot 6,5 × 6,5 ceinture mycelienne nette	1 îlot 10 cm. × 6 Sporulation nette	1 îlot 14 cm. ×14 Sporulation massive
V	0,250	idem	idem	idem	idem	1 îlot 14 cm. × 6 Sporulation nette	idem
VI	0,500	idem	3 îlots de mycelium Début de ceinture mycelienne	3 îlots de mycelium ceinture mycelienne nette	il îlot 7 cm. × 7 ceinture mycelienne épaisse	1 îlot 14 cm. × 8 Sporulation nette même sur la ceinture	idem
VII	1 gr.	idem	idem	idem	idem	idem	idem
VIII	4 gr.	idem	idem	idem	idem	idem	idem

conidies ayant un diamètre qui s'exagérait jusqu'à 5 divisions du micromètre.

Les dimensions des conidies dans les milieux VI, VII et VIII restaient constantes, égales à six divisions du micromètre. Le poids des mycéliums passait successivement de I à V, de 18 gr. 800 à 24 grammes, les termes intermédiaires donnant 21 gr. 66, 22 gr. 20 et 23 gr. 20.

L'oxyde noir d'uranium ne paraît pas toxique, même à forte dose, pour l'aspergillus. Son action est très faforable pour le développement du mycelium et particulièrement pour la formation des conidies.

C. — Experiences sur saccharomyces ellipsoideus.

Dans dix ballons « Pyrex » de 500 cc., vingt centimètres cubes de levure ont été mélangés à 200 cc. de liquide de Canals, additionné de doses croissantes d'oxyde noir d'uranium (0 gr. 0001 à 2 grammes). Les ballons maintenus à une température de 18° à l'abri de la lumière permettent d'effectuer une fermentation alcoolique normale.

Sans donner le schéma trop classique de la fermentation, il convient de rappeler que le glucose se transforme successivement en éthanal et en aldéhyde pyruvique qui, réagissant l'un sur l'autre, permettent d'obtenir l'alcool.

Il suffit donc, pour apprécier l'action de l'oxyde noir sur *saccharomyces ellipsoïdeus*, de doser le sucre disparu.

Les dosages effectués par la méthode cuprométrique de Gabriel Bertrand, ont permis de confirmer les résultats obtenus en 1925, par Kayser et Delaval avec des minerais radioactifs. Alors que, en 68 heu-

res, le ballon renfermant le milieu de Canals non radioactivé, a une quantité de sucre qui passe de 9 grammes à 3 gr. 37, les ballons VIII, IX et X, renfermant 0 gr. 500, 1 gr. et 2 gr. d'oxyde noir d'uranium, ont une quantité de sucre voisine de 1 gr. 75.

III. — CONCLUSION

DES DIFFERENTES RECHERCHES

Des différents essais sur les Phanérogames (*Pisum Sativum, Lens esculata, Hyacinthus sp.* et sur les cryptogames : *Aspergillus niger, Saccharomyces ellipsoïdeus*), il semble se dégager les faits suivants :

1° Les phanérogames subissent nettement l'influence de l'oxyde noir d'uranium à des doses minimes ; celui-ci active la germination et le développement des racines à la dose de 0,01 à 0,05 mmgr. UO^2 0/00 pour les pois ; un seuil de toxicité très bas se traduit par l'arrêt du développement (100 mmgr. UO^2 0/00 en général).

Le seuil de toxicité de la partie aérienne est voisin de celui des racines, mais moins net. Il est caractéristique à 1 gramme UO^2 0/00.

2° Les cryptogames se développent très bien en présence d'oxyde noir d'uranium, quelles que soient les doses (0 gr. 001 à 4 gr. 0/00).

Appliqué à dose supérieure, il provoque des phénomènes tératologiques précurseurs de la mort de la plante intoxiquée.

Dans le but de déceler le processus de l'action de l'oxyde noir d'uranium, des recherches ont été orien-

tées sur l'influence des doses variables d'oxyde noir d'uranium à des distances variables.

Elles ont établi :

1° qu'à dose variable, l'action était variable ;

2° qu'à distance variable, l'action était variable.

Etant donné que les rayons α sont absorbés par une couche d'eau de quelques centimètres, il semble, à priori, que le rayonnement du corps n'ait aucune influence sur des pois séparés de l'oxyde noir d'uranium par une couche d'eau de 15 centimètres en général.

Comme, d'autre part, les mesures de radioactivité de l'eau bidistillée en contact avec l'oxyde noir d'uranium (1) montrent une diminution de la résistivité de l'eau en présence de l'oxyde, il est permis de penser que l'oxyde noir d'uranium agit par son émanation, par ses propriétés chimiques qui entraînent peut-être une action catalytique, enfin par le rayonnement qui peut également modifier la conductibilité de l'eau.

Ces résultats confirment ceux de Stoklasa (J.), Penkava (J.), Mezzadroli (G.), Vareton (G.), Petit, Anceli et Acqua (C.), en ce sens qu'ils prouvent que les corps radioactifs favorisent la végétation à dose faible, alors qu'ils arrêtent tout développement à dose forte. Néanmoins, il est impossible d'établir des com-

---

(1) Les mesures sont les suivantes :

1) Eau bidistillée : $\rho = 28{,}70 \times 10^4$ ω/cm.

2) Eau bidistillée additionnée de 0 gr. 25 d'oxyde noir pour mille :

a) au bout de 12 heures : $\rho = 12{,}50 \times 10^4$ ω/cm.

b) Au bout de 24 heures : $\rho = 11{,}57 \times 10^4$ ω/cm.

c) Au bout de 36 heures : $\rho = 11{,}57 \times 10^4$ ω/cm.

paraisons chiffrées, car les auteurs ont particulièrement utilisé le radium et ses sels.

ADDENDUM

TOXICITE DU MESOTHORIUM

L'action du mésothorium a été également recherchée avec des cultures de pois et de lentilles. Le mésothorium utilisé avait une radioactivité qui valait 0,035 de l'oxyde noir d'uranium.

A haute dose, le mésothorium annihile la croissance des racines, alors qu'à faibles doses, il favorise la végétation.

CHAPITRE III

ROLE PHYSIOLOGIQUE DES TERRES DITES RADIOACTIVES

Les terres dites radioactives constituent pour la plupart la gangue des mines radifères. Le terme d'engrais radioactifs employé ces dernières années est interdit actuellement, car un engrais doit nécessairement contenir de l'azote, du phosphore ou de la potasse. Désignés parfois à tort sous le nom de boues radifères, ces produits doivent être simplement appelés « terres radioactives ».

La terre blanche utilisée pour les expériences avait une radioactivité de l'ordre de 0,24 de l'oxyde noir d'uranium et la terre rouge de l'ordre de 0,05 de l'oxyde noir d'uranium.

Les recherches ont été conduites selon la technique précédemment exposée pour l'étude de la végétation des pois. Chaque éprouvette utilisée renfermait 50 cc. de liquide de Detmer, additionné de doses croissantes de terre radioactive rouge et blanche.

Les deux tableaux suivants schématisent les résultats :

TABLEAU 14

TERRE RADIOACTIVE BLANCHE PAR EPROUVETTE

Dates	Eau bidistillée		0 gr.		0,10 gr.		0,25 gr.		0,50 gr.		0,75 gr.		1 gr.		2 gr.	
	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
1er jour	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0
3e jour	15	5	20	0	30	5	30	0	25	10	30	5	25	5	15	0
4e jour	30	15	35	10	40	10	40	10	40	10	40	10	40	10	20	0
6e jour	30	25	45	20	60	20	65	25	65	25	80	25	70	25	20	0
8e jour	60	35	70	35	65	35	65	35	65	35	80	25	70	35	20	10
11e jour	70	60	70	55	70	70	70	70	70	55	80	70	80	70	20	10
14e jour	75	65	75	80	90	90	90	85	70	70	80	90	90	90	20	20
19e jour	80	105	75	105	100	125	100	130	102	120	98	130	100	130	20	20

TABLEAU 15

TERRE RADIOACTIVE ROUGE PAR EPROUVETTE

	Eau bidistillée		0 gr.		0,10 gr.		0,25 gr.		0,50 gr.		0,75 gr.		1 gr.		2 gr.	
Dates	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T	R.	T
1er jour	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	0	0	10	0
2e jour	15	5	20	0	10	5	15	5	12	0	10	7	15	8	20	8
4e jour	30	15	35	10	20	8	15	15	12	6	15	15	30	15	20	20
6e jour	30	25	45	20	25	10	20	20	20	18	20	25	30	20	30	20
8e jour	60	35	70	35	25	20	25	20	25	18	30	38	30	20	30	20
11e jour	70	60	70	55	25	20	25	30	25	35	30	41	30	35	30	20
14e jour	75	65	75	80	25	30	30	35	30	40	30	41	30	35	30	25
19e jour	80	105	75	105	30	45	30	40	30	40	30	45	30	35	30	25

D'autre part, des pois qui sont en contact direct avec les terres radioactives rouges et blanches dans un cristallisoir meurent en quelques jours.

Des mesures ont été également effectuées en semant des pois dans trois caisses :

1° L'une contenait 25 kilos de terre meuble ;

2° Une deuxième renfermait la même quantité de terre, additionnée de 250 grammes de terre rouge ;

3° Une dernière, de même capacité, était traitée par 250 grammes de terre blanche.

La plantation a eu lieu le 1er mars. Le tableau suivant traduit les résultats enregistrés.

TABLEAU 16

Dates	Terre Meuble	Terre + Terre Blanche	Terre + Terre Rouge
	Longueur de Tige en mm.	Longueur de Tige en mm.	Longueur de Tige en mm.
1er Mars	0	0	0
21 Avril	100	90	80
30 Avril	120	100	100

Ces résultats sont en discordance avec ceux obtenus en éprouvette au laboratoire.

Mais alors que, dans les éprouvettes, le végétal était éloigné de la terre radioactive, ici il lui est intimement uni.

Néanmoins, il est impossible de tirer une conclusion, étant donné que la culture en caisse a été effectuée une seule fois.

QUATRIEME PARTIE

CONCLUSIONS

EFFETS BIOLOGIQUES ET PHARMACO - DYNAMIQUES DE LA RADIOACTIVITE DES VINS

Dans notre étude sur la radioactivité des Vins de France, nous avons essayé d'expliquer :

— « En quoi consiste la radioactivité des vins ».

— « D'où vient la radioactivité des vins ».

La radioactivité des vins consiste en un gaz ionisant déchargeant la feuille d'aluminium de l'électroscope Cheneveau et Laborde.

Mais ce gaz est-il vraiment radioactif ? Si nous n'avons pas pu résoudre ce problème en effectuant le dosage de l'hélium, nous avons essayé de serrer la question en suivant l'évolution croissante des mesures d'ionisation. Devant ces résultats, nous avons admis provisoirement que le gaz ionisant extrait des raisins et des vins était dû à la radioactivité.

Cette radioactivité consiste en une *radioactivité volatile* passagère et une *radioactivité fixe,* qui constituent la *radioactivité totale.*

Cette radioactivité totale s'est élevée, pour certains vins, jusqu'à 0,280 M. M. C. par litre de vin, tandis que, après quelques mois, elle s'est réduite pour d'autres, jusqu'à 0,008 M. M. C.

La radioactivité des vins nouveaux et des « moûts complets » (1) examinés, a varié entre 0,149 MMC. et 0, 218 M. M. C. environ. Ce maximum de radioactivité instable s'est réduit, après cinq à six mois, à un minimum stable, variant entre 0,044 M. M. C. et 0,102 M. M. C.

Cette radioactivité semble venir du sol qui renferme des éléments radioactifs et des radio-éléments formés à partir de corps simples sous l'influence d'un rayonnement invisible, ultra-pénétrant, et du soleil, qui, d'après de nombreuses expériences, « radioactive » les corps soumis à son rayonnement.

Constatant l'existence d'une radioactivité de translation allant du sol au végétal, nous avons essayé d'augmenter la radioactivité du raisin en cultivant la plante dans une terre dite radioactive. Les premiers résultats obtenus sont négatifs, mais les expériences sont poursuivies.

Ces recherches biologiques nous ont permis de remarquer que l'addition de terre radioactive à une terre ordinaire modifiait la végétation.

Ceci nous a conduit à préciser et à synthétiser les multiples travaux effectués jusqu'à ce jour sur l'influence des éléments radioactifs et en particulier de

(1) Un moût complet renferme, en dehors du jus de raisin, le jus du thyrse, du péricarpe et des pépins de raisin.

l'oxyde noir d'uranium sur la croissance des végétaux.

Ces différentes recherches conduisent enfin à déterminer le rôle que peut jouer la radioactivité des vins. Il est donc nécessaire, pour compléter ce travail, d'exposer quels sont les *effets biologiques et pharmaco-dynamiques* de la radioactivité des vins.

Alors que la teneur des eaux minérales en émanation oscille entre 0,022 MMC. et 145,50 MMC. par litre, celle du vin varie entre 0,040 MMC. et 0,280 MMC.

Mais, comme l'a écrit Charles Moureu, une faible teneur en émanations radioactives peut être avantageusement compensée par un grand débit.

C'est le cas du vin.

La pénétration de l'émanation s'effectue, pour les vins, par simple absorption gastro-intestinale.

Le processus d'assimilation est le suivant : l'émanation est résorbée au niveau du tube digestif, parvient dans la veine porte, et se répand dans le foie ; de là, elle passe dans le cœur droit, puis dans les capillaires pulmonaires ; une partie pénètre dans le cœur gauche et dans les tissus. Ce processus ne peut être mis en doute, après les travaux de Kemen, Neumann et Lazarus, qui ont pu déceler l'émanation ingérée per os peu de temps après dans la sueur, dans la salive, dans le placenta, dans le corps du fœtus et aussi dans le lait maternel.

L'émanation s'élimine ensuite par les poumons et par les reins.

Le cycle évolutif se produisant rationnellement, on doit admettre que le vin étant une boisson courante, sa radioactivité produit d'heureux effets, surtout si,

avec MM. Plesh et Jansen, on donne la préférence aux méthodes émanifères par voie digestive.

Un homme normal boit, en moyenne, un litre de vin par jour. Si le chiffre de 0,160 MMC est pris comme moyenne de la radioactivité du litre de vin, la quantité d'émanation ingérée en un an est de 60 MMC. environ, par conséquent égale à celle absorbée en vingt et un jours avec des eaux abondamment radioactives.

Pour comprendre l'action de l'emanothérapie, il faut considérer les maladies chroniques comme des affections intéressant l'organisme en général. Alors que certains symptômes semblent prendre une importance prépondérante, le clinicien averti ne doit pas oublier qu'il a toujours à combattre une maladie se rapportant à l'état général et qu'il ne doit pas se contenter d'un traitement symptomatique.

Ceci permet de penser qu'il est illusoire de soigner un organe particulier avec un vin radioactif, lequel ne paraît salutaire que pour reconstituer l'état général.

Sur de telles bases, on peut donner quelques indications thérapeutiques.

Le gaz radioactif circulant dans le sang se fixe avec élection sur certains tissus, où il exerce au maximum son action biologique. En effet, à la fonction oxygénopexique (Congrès A. F. A. L. - Le Havre, 1929), sous l'action de la radioactivité, il y a augmentation du nombre des monucléaires et des polynucléaires neutrophiles, ce qui permet de lui attribuer une action bactéricide et antitoxique.

D'autre part, la radioactivité provoque une activation nette des ferments gastriques, pancréatiques, autolytiques et diastasiques.

Enfin, la radioactivité possède une action sédative et hynoptique.

L'opinion du Docteur Boner, de l'Institut d'Electro-Radiologie de la Ville de Paris, confirme ces observations, dans les termes catégoriques ci-après :

« Cette médication énergétique apporte une aide » efficace à l'organisme sidéré par une infection, » affaibli par une intoxication exo ou endogène, ané- » mié par la dénutrition. Ainsi soutenu et réconforté, » un organisme déficient se relève ; les centres ner- » veux reprennent leur influence et rétablissent » l'équilibre. »

Pour notre part, nous ne saurions spéculer sur cette propriété du vin, qui peut se résumer élégamment en l'adage célèbre: « *bonum vinum lœtificat cor hominis* » ; il nous suffira de déduire de nos recherches, que, désormais, la radioactivité doit être considérée comme une nouvelle constante physique du vin.

BIBLIOGRAPHIE

ABREVIATIONS

C. R. Ac. Sc — Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris.

Journ. Ph. et Ch. — Journal de Pharmacie et de Chimie.

A. B. — Année Biologique.

Bull. Soc. Chim. — Bulletin de la Société Chimique de France.

Bull. Soc. Chim. Biol. — Bulletin de la Société de Chimie Biologique.

I. R. A. — Institut de Recherches Agronomiques.

Bull. Pharm. S. E. — Bulletin de Pharmacie du Sud-Est.

A. — RADIOACTIVITE

BECQUEREL (J.). — *La radioactivité et les transformations des éléments* (Payot) 1924.

BERTHELOT. — *Emanations et Radiations*, C. R. Ac. Sc., 1904 1° Semestre, T. 138, N° 25.

BESSON (P.). — *Radioactivité d'Uriage les Bains*. C. R. Ac. Sc. 1908, 2e semestre, T. 147, N° 19.

BONER (D.). — *Emanothérapie artificielle* (Imprimerie Spa Monopole, 1930).

BOUTARIC. — *La vie des atomes* (Flammarion).

BROCHET (A.). — *Annales des Mines*. Mai 1910.

BRUHAT (G.). — *Cours d'électricité* (Masson).

CANALS et MEDAILLE (A.). — *Radioactivité des moûts et des vins*, Journ. Ph. et Ch., T. 16, juillet 1932.

— *Radioactivité des moûts et des vins*, Journ. Ph. et Ch., T. 18, août 1933.

— *A propos de la radioactivité des vins*, Journ. Ch. Phys. Tome 29, N° 7 (Compte rendu de la Séance de la Société Chimique de Montpellier, avril 1932).

CHANOZ (M.). — *Quelques notions sur la radioactivité ; le radium et son émanation*. Journ. Méd. Français 1913.

CHENEVEAU (C.). — *Le radium* (revue) 9-1904.

..... et LABORDE (A.). — *Journal de Physique*, T. 8, Mars 1909.

— *Revue scientifique*, avril 1909.

COTTENOT (P.) et LABORDE (Simone). — *Radiologie* in Traité de Pathologie médicale de MM. Sergent, Ribadeau-Dumas et Babonneix (Maloine).

CURIE (P.). — *Œuvres*.

..... et LABORDE (A.). — *Sur la Radioactivité des gaz qui proviennent de l'eau des sources thermales*. C. R. Ac. Sc., T. 142, N° 25.

CURIE (Mme P.). — *Traité de la radioactivité* (Gauthier Villars, 2 Vol.)

— Ann. Ch. Phys. Sept. Oct. Nov. 1903.

— *Le radium* (Revue) 7-1910.

DUANE (W.) et LABORDE (A.). — *Le radium* (Revue) 6-1910.

GEIGER (H.) et MAKOWER (W). — *Mesures pratiques de radioactivité*, Traduct. E. Philippe (Gauthier Villars).

HOULLEVIGNE (L.). — *Sur l'ionisation de l'air par les canalisations électriques*. C. R. Ac. Sc. 1909 1° Semestre, T. 148, N° 25.

JADIN et ASTRUC. — *Précis d'Hydrologie et de Minéralogie* (Maloine).

LABORDE (A.). — *Méthodes de mesures employées en radioactivité* (Encyclopédie Leaute Gauthier Villars).

LEPAPE et GESLIN. — Ann. Inst. Hydr., III, 162, 1925.

LEPAPE et MOUREU (Ch.). — *La Radioactivité des sources thermales de Bagnères de Luchon*, 1909, 1° Semestre, T. 148, N° 13.

MEDAILLE (A.). — *Mesures en radioactivité*. Bull. Pharm. S. E. 1931, N° 10.

MILHAUD (M.) et PIERY (M.). — *Les eaux minérales radioactives* (Doin).

MOUREU (Ch.) et LEPAPE (A). — *Annales des Mines,* Mai 1909.

NODON et CUVIER. — *Recherches sur la Radioactivité des vins* C. R. Ac. Sc., 1928, 2° semestre, T. 187, N° 17.

PROUST (R.). — *Curiéthérapie in Pratique Médicochirurgicale* T. II (Masson, 1931).

ROUCH. — *Observations d'électricité atmosphérique faites à l'île Pétermann pendant le séjour de l'expédition Charcot,* C. R. Ac. Sc, 1910, 2° semestre, T. 151, N° 3.

SCHMIDT (H. W.). — *Sur une méthode simple de mesure de la teneur des liquides en émanation.* Phys Zeitsch 1905.

SODDY (Fr.). — *Le Radium.* Traduct. A. Lepape (Félix Alcan)

STRUTT. — *Le Radium* (Revue) Juin 1906.

B. — ROLE PHYSIOLOGIQUE DES CORPS RADIOACTIFS

ACQUA (C.). — *La dégénérescence nucléaire provoquée par l'action de l'uranium sur la cellule végétale,* A. B. 1913.

— *Sur l'action des rayons du radium sur les végétaux,* A. B. 1910.

AGULHON (H.) et SUZERAC (R.). — *Activation de certains processur d'oxydation microbiens par les sels d'urane.* A. B. 1912.

BECQUEREL (J.). — *La radioactivité du sol et de l'atmosphère* Gazette des eaux, Mars 1913.

BECQUEREL (P.). — *Influence des sels d'uranium et de thorium sur le développement du bacille de la tuberculose* (Soc. Biol. 1913).

BERGELL (P.). — *Activation des ferments par l'émanation du radium* Zeitschrift f. Balméologie, Klimat and Kurothyg 1913.

BLACHMANN (V. H.). — *Radioactivité et fonction physiologique normale,* A. B. 1920-1921.

BLANC (G. A.). — *Sur la matière radioactive dans le sol et l'atmosphère. Le radium* (Revue) 1907.

— *Le thorium considéré comme agent de la radioactivité terrestre . Le Radium* (Revue) 1909.

BOHN. — *Influence des rayons du radium sur les animaux en voie de croissance,* C. R. Ac. Sc. T. 136.

BOUCHARD (Ch.) - CURIE (P.) et BALTHASARD (V.). — *Action physiologique de l'émanation du radium.* A. B. 1904.

BRUYNOGLA (R.) et MAISIN (J.). — *Action des rayons β et γ du radium sur les pousses de racines de Pisum Sativum,* C. R. Soc. Biol. X C III, 851, 1925.

CANALS (E.). — *Du rôle physiologique du Magnésium chez les végétaux* (Th. Docteur es-Sciences. Paris 1920).

DAUPHIN (J.). — *Influence des rayons du radium sur le développement et la croissance des champignons inférieurs.* A. B. 1904.

DOUMER (E.). — *Influence de l'émanation sur la germination.* Annales d'électrobiologie et de radiologie, 1912.

FABRE (G.). — *Effet de l'activation de l'atmosphère par l'émanation de radium sur la germination et la poussée des différents organismes végétaux.* C. R. Soc. Biol. LXX, pages 187-188.

FABRE (G.). — *Action du radium sur les organismes végétaux* C. R. Soc. Biol., LXX, 419-429.

KAYSER (E.) et DELAVAL (H.). — *Radioactivité et fixation de l'azote.* A. B. 1924-1925, 1e partie.

— *Radioactivité, fixateurs d'azote et levures alcooliques.* C. R. Ac. Sc. C L X X X I, 151, 1925.

KOHRNICKE (Max). — *Influence des rayons du radium et des rayons Röentgen sur la germination et la croissance,* A. B. 1904.

KOROSY. — *Radioactivité et action fermentative.* A. B., 1910.

LABORDE et LEMAY. — *Action des substances radioactives sur l'amylase.* C. R. Soc. Biol., LXXXV, 497, 1921.

LALLEMAND (Mme S.). — *Etude de l'action des rayons x sur le développement des plantes* (Thèse Docteur es-sciences, Strasbourg, 1920).

LANGWORTHY (C. F.). — *Radioactivité des tomates mures.* A. B. 1924-1925, 1e partie.

LEPAPE et TRANNOY. — *Influence du radium sur la végétation* (Extrait du rapport sur le fonctionnement de l'I. R. A. Année 1932 pages 73 à 76).

MEZZADROLI (G.) et VARETON (E.). — *Azione di terre radioactive italiane sulla germinazione dei semi e sulla crescita delle plante.* Atti Anad. Luicei XIV 443, 447, 1931.

MOLISCH. — *Action du radium et des rayons ultra-violets sur les végétaux.* A. B. 1912 (Compte-Rendu).

MOUTET (D.). — *De l'influence des faibles radioactivités sur la germination.* C. R. Soc. Biol. CIX 678, 1932.

— *Action de rayonnement de l'uranium sur la végétation.* C. R. Acad. Agric. France XVIII, page 28, critiqué par Brioux et Jouis dans le rapport sur le fonctionnement de l'I. R. A. 1932, page 241.

NADSON et JOLKEVITCH (A.). — *L'action combinée du radium et des agents chimiques sur les végétaux.* Annales de Roentgenologie et Radiologie, 1926.

NODON (A.). — *Recherches sur la désintégration cellulaire,* A. B. 1923.

PACKARD (Ch.). — *Différence d'action du radium sur les plantes vertes en présence ou absence de lumière.* A. B. 1919.

PERRIRAZ (J.). — *Influence du radium sur les plantes,* A. B. 1915.

PETIT (G.) et ANCELIN. — *Radioactivité et végétation.* A. B. 1914.

SARTORY (A.) et BAILLY (F.). — *Du pouvoir agglutinant du sulfate de thorium sur les spores d'aspergillus fumigatus* C. R. Ac. Sc. 1921, 1° semestre, T. 122 N° 20.

SARTORY (A.) et (R.), MEYER (J.) et ERNST. — *Influence inibitrice du Radium sur la croissance des radicelles de Lens esculata.* C. R. Ac. Sc. 1934, 1° semestre, T. 198 numéro 2.

STOKLASA (J.). — *Influence de la radioactivité sur le développement des plantes.* A. B. 1912.

— *De l'influence de l'uranium et du plomb sur la végétation.* A. B., 1913.

— and PENKAVA (J.). —*Biologie des uraniums unter Miwirkung Von Filz, Zdobuchy Sebor, Strupl und Stradal Biochem, Zeitschr.,* CXCIV, 1928. Compte rendu, A. B., 1930.

— et PENKAVA (J.). — *La radioactivité des gaz éruptifs du Vésuve et des volcans de Solfatara et leur influence sur le développement des bactéries et des plantes supérieures.* Revue Intern. Rens. Agric., III, 1925, pages 351, 354.

ZWAARDEMAKER — *Synapses et bioradioactivité.* Archives Néerlandaises de physiologie, X, 1925.

En ma qualité de Censeur de tour, j'ai lu la Thèse ayant pour titre :

« Radioactivité des vins de France »

par M. A. MEDAILLE

Je pense que la Faculté peut en permettre l'impression.

Montpellier, le 9 juin 1934.

Le Professeur,

CANALS.

Vu :

Montpellier, le 11 juin 1934.

Le Doyen,

FONZES-DIACON.

Vu et permis d'imprimer :

Montpellier le 11 juin 1934,

Le Recteur,

TAILLIART.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS 7

INTRODUCTION 9

PREMIERE PARTIE

GENERALITES SUR LA RADIOACTIVITÉ

CHAPITRE I. — Valeur de la radioactivité 11

CHAPITRE II. — Transformation des corps radioactifs .. 22

CHAPITRE III. — Mesures de la radioactivité 26

CHAPITRE IV. — Comment extrait-on l'émanation radioactive d'un liquide 40

DEUXIEME PARTIE

RADIOACTIVITÉ DES MOUTS ET DES VINS

CHAPITRE I. — Etude comparée de la radioactivité des moûts et des vins 45

CHAPITRE II. — Radioactivité fermentaire, fermentation fongique 54

CHAPITRE III. — Monographie radioactive 58

CHAPITRE IV. — Radioactivité évolutive 62

TROISIEME PARTIE

Toxicité de l'oxyde noir d'uranium et des terres dites radioactives

Chapitre I. — Historique. Résultats antérieurs 70

Chapitre II. — Rôle physiologique de l'oxyde noir d'uranium 76

Chapitre III. — Rôle physiologique des terres dites radioactives 91

QUATRIEME PARTIE

Conclusions. — Effets biologiques et pharmaco-dynamiques de la radioactivité des vins 95

BIBLIOGRAPHIE

A. — Radioactivité 100

B. — Rôle physiologique des corps radioactifs. 102